



Kaurapaperin liimalaminoinnin optimointi kartonkiin ja aaltopahviin

Kati Nieminen

OPINNÄYTETYÖ
Heinäkuu 2020

Biotuote- ja prosessitekniikka
Englanninkielinen suuntautumispolku

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Biotuote- ja prosessitekniikka
Englanninkielinen suuntautumispolku

NIEMINEN, KATI:

Kaurapaperin liimalaminoinnin optimointi kartonkiin ja aaltopahviin

Opinnäytetyö 53 sivua, joista liitteitä 9 sivua
Heinäkuu 2020

Opinnäytetyö on tehty osana Tampereen ammattikorkeakoulusta käynnistettyä HerääPahvi!-hanketta, joka etsii vaihtoehtoisia ekologisempia ratkaisuja pakkausteollisuuteen. Mainostelineisiin ja erilaisiin tuotepaketteihin tarkoitettua kaurapaperia haluttiin liimalaminoida kartonkiin sekä aaltopahviin niin, että niiden optiset ja pakkausmateriaaliset ominaisuudet vastaisivat halutun mainostelineen profiilia.

Tavoitteena oli tutkia taustamateriaalin, kaurapaperin ja liiman vaikutuksia toisiinsa ja luoda mahdollisimman hyvännäköisiä arkkeja käsin. Opinnäytetyössä käytettiin pohjamateriaalina Lassi Helmisen opinnäytetyötä ja siinä käytettyjä vastaavanlaisia metodeja liimalaminointiin. Arkkien optimoinnissa testattiin liimamäärän, aaltopahvin aallonharjojen suuntien sekä pohjamateriaalin ja kaurapaperin vaikutuksia optisiin ominaisuuksiin. Työssä käytettiin yhteensä kolmea eri liimavalmistetta niin aaltopahvi- kuin kartonkiarkkeihin. Valmiita arkkeja testattiin nuutattavuuden ja repäisytestin avulla.

Tuloksista selvisi, että liimatyyppejä vaikutti radikaalisti optisiin ominaisuuksiin ja repäisytestien tuloksiin. Liiman levitystavalla ja sen optimoinnilla oli huomattava merkitys saatuihin tuloksiin. Nykyisellä muunnellulla metodilla parhaat optiset ominaisuudet sekä pakkauksellinen kestävyys saavutettiin Sitol 4228 -liimalla. Saadut arkit olivat tarpeeksi lujia pakkauksiksi ja mainostelineeksi sekä niiden pinnalle oli mahdollista tulostaa tekstiä.

Opinnäytetyö on osin salassa pidettävä.

Asiasanat: aaltopahvi, kartonki, kaurapaperi, liima, optimointi, laminointi, optinen, nuuttaus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Bioproduct and Process Engineering
English Major

NIEMINEN, KATI:

Optimisation of Oatpaper Glue-lamination to Paperboard and Corrugated board

Bachelor's thesis, 53 pages, appendices 9 pages
July 2020

The topic of this thesis was commissioned by the HerääPahvi!-Project from Tampere University of Applied Sciences. The project aims to alternative ecological solutions for packaging industry. Oatpaper made for advertisement stands and different kinds of product packages were glue-laminated to paperboard and corrugated board in a manner where their optic and packaging properties relate to the wanted advertisement stand profile.

The targets of this thesis was to examine effects of background material, oatpaper and glue to each other and create as fine sheets as possible by hand. The work follows Lassi Helminen's research of glue laminating of similar methods. The optimisation of the sheets was investigated by the amount of glue, the direction of the waves of corrugated cardboard and the effect of background material and oatpaper. The effect of these on optic properties was examined. In the field-work there were three different kinds of glues used to both board and corrugated board. The finished sheets were tested by creasing and tearing.

The results show that the glue type is radically affecting the optic properties and the outcome of the tearing tests. The method of spreading the glue and its optimisation had a huge impact on the results. With the current modified method the best optic and package-durability properties were achieved with Sitol 4228 glue. The finished sheets were tough enough to make packages and advertisement stands and were also printable.

A part of the thesis is confidential.

Key words: corrugated cardboard, cardboard, oatpaper, glue, optimisation, lamination, optic properties, creasing

SISÄLLYS

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO | 6 |
| 2 | TOIMEKSIANTAJA JA YHTEISTYÖKUMPPANIT | 7 |
| 2.1 | Tampereen Ammattikorkeakoulu | 7 |
| 2.1.1 | HerääPahvi! -hanke | 7 |
| 2.2 | DS Smith | 8 |
| 2.3 | Kiilto | 9 |
| 2.4 | Delfortgroup Tervakoski Oy | 10 |
| 2.5 | Kirjapaino Öhrling Oy | 11 |
| 3 | KOKEELLISEN OSAN TEORIA | 12 |
| 3.1 | Kaurankuori-paperi | 12 |
| 3.2 | Kartonki | 12 |
| 3.3 | Aaltopahvi | 14 |
| 3.4 | Optiset ominaisuudet | 15 |
| 3.5 | Laminointiliimat | 16 |
| 3.5.1 | PVAC | 18 |
| 3.5.2 | Biopohjaiset liimat | 18 |
| 3.6 | Nuuttaus | 19 |
| 3.7 | Pakkaus- ja telineprototyypit | 20 |
| 4 | KOKEELLINEN OSA | 22 |
| 4.1 | Liimojen kuiva-ainepitoisuus | 24 |
| 4.2 | Käytetyn metodin optimointi | 26 |
| 4.3 | Liiman määrän optimointi aaltopahviin | 30 |
| 4.4 | Liiman määrän optimointi kartonkiin | 31 |
| 4.5 | Arkkien nuuttaus | 32 |
| 4.6 | Arkkien kuiturepeämätesti | 32 |
| 5 | TULOKSET | 35 |
| 6 | POHDINTA | 42 |
| | LÄHTEET | 43 |
| | LIITTEET | 45 |
| | Liite 1. Aaltopahviarkkien optiset arvioinnit | 45 |
| | Liite 2. Kartonkiarkkien optiset arvioinnit | 46 |
| | Liite 3. Liimojen kuiva-ainepitoisuudet | 47 |
| | Liite 4. Kartonkiarkkien arviointi (pisteet) | 48 |
| | Liite 5. Aaltopahviarkkien arviointi (pisteet) | 49 |
| | Liite 6. Kartonkiarkkien kuiturepeämätetit | 50 |
| | Liite 7. Aaltopahviarkkien kuiturepeämätetit | 51 |

| | |
|---|----|
| Liite 8. Kartonkiarkkien nuuttaus | 52 |
| Liite 9. Aaltopahviarkkien nuuttaus | 53 |

1 JOHDANTO

Tampereen ammattikorkeakoulu on tutkinut viljan sivuvirrasta tullutta kaurankuorta viimeisien vuosien aikana. Kaurankuoria on yhdistetty muun muassa paperiarkkeihin ja yritetty selvittää, voisiko tästä sivuvirrasta saada hyödyllistä materiaalia pakkausteollisuuden materiaalina. Tämän opinnäytetyön tarkoitus on yhdistää syntynyttä kaurankuoripaperia aaltopahviin sekä kartonkiin liimalaminoimalla ne yhteen ja arvioida syntyneiden arkkien ominaisuuksia ja potentiaalia pakkausmateriaalina. Syntyneistä kaurankuoriarkeista valmistettiin prototyyppejä erilaisille mainostelineille ja pakkauksille. Kaurankuorien tutkimuksista vastaa korkeakoulussa HerääPahvi! -hanke.

Materiaalit sponsoroivat Tampereen ammattikorkeakoulu sekä yhteistyökumppanit yrityksistä DS Smith, Delfort, Tervakoski Oy ja Kiilto. Prototyyppien painatuksista vastasi Kirjapaino Öhrling. Tutkimus suoritettiin pääasiallisesti Tampereen ammattikorkeakoulun paperilaboratorion tiloissa. Opinnäytetyössä käytettiin pohjatietona apuna Lassi Helmisen tutkimustyötä kaurapaperin liimalaminoinnissa.

2 TOIMEKSIANTAJA JA YHTEISTYÖKUMPPANIT

2.1 Tampereen Ammattikorkeakoulu

Opinnäytetyön aiheen tarjosi Tampereen Ammattikorkeakoulu ja koulussa olevan HerääPahvi! -hankkeen yhteyshenkilöt. Työn kokeellinen osuus suoritettiin TAMK:in tilojen paperi- ja pakkauslaboratoriossa. Kokeeseen käytetyn materiaalit, kuten kartonki, aaltopahvi ja tutkimuksissa käytetyt laitteet ovat TAMK:ista.

TAMK on osa TUNI-nimistä korkeakouluympäristöä, joka yhdistää Tampereen Ammattikorkeakoulun ja Tampereen yliopiston joustavaksi yhteisöksi.

Opiskelijat voivat valita kursseja yliopiston ja ammattikorkeakoulun kurssitarjonnasta omien mieltymyksiensä mukaan. Yliopistoissa kehitetään yliopistojen omien työntekijöiden ja hankkeiden lisäksi muiden yrityksien, hankkeiden ja yksityishenkilöiden tutkimuksia sekä opinnäytetöitä, joihin opiskelijat voivat ottaa osaa.

2.1.1 HerääPahvi! -hanke

HerääPahvi! -hanke on Tampereen Ammattikorkeakoulun vetämä hanke, jolla haetaan uudenlaista näkökulmaa pakkausteollisuudessa yhdistämällä pakkausmateriaalien ideointiin kiertotaloutta. Hankkeen isoin projekti on kehittää elintarviketeollisuuden sivuvirroista, mm. kaurankuoresta, esteettistä ja kestäväää pakkausmateriaalia. Hankkeessa on tutkittu muun muassa kaurankuoren vaikutusta paperin lujuusominaisuuksiin, painettavuuteen ja kykyyn kiinnittyä muihin materiaaleihin kuten aaltopahviin.

Hanketta toteuttavat TAMKin kanssa muotoilun ja luonnonvara-alan asiantuntijat Design Forum Finland -yrityksestä ja Luonnonvarakeskuksesta. Ensimmäisiä prototyyppejä kaurankuoren yhdistämisessä paperiin on tehty muun muassa arkki- ja rullamuodossa, joista edellisen mahdollisesti Delfort-yritys valmistamalla

kaurapaperirullia hankkeen kaurankuoresta. Hanke on tuettu EU:n sosiaalirahaston avulla. Hankkeella on kolme kiteytettyä tavoitetta:

Tavoite 1. Toimivan valtakunnallisen metsäbioalan ja luovien alojen, erityisesti media-alan, ekosysteemin luominen

Tavoite 2. Luovien alojen pakkausosaamisen ja kiertotalousosaamisen lisääntyminen. Samalla luovan alan yritykset näkevät uusissa biotalouden innovaatioissa olevan liiketoimintapotentiaalin.

Tavoite 3. Uudenlaisten sivuvirtoja hyödyntävien pakkausten kaupallistamisen edistäminen luovien alojen avulla. (HerääPahvi!, 2020)



KUVA 1. HerääPahvi!- hankkeen logo (Päivi Viitaharju, 2020)

2.2 DS Smith

Opinnäytetyössä tehtiin materiaaleja prototyyppeihin, jotka DS Smith muotoili valmiiksi. Myös toinen materiaali eli aaltopahvi saatiin tämän työn kokeisiin DS Smithiltä. DS Smith on yksi johtavista eurooppalaisista pakkausalan yrityksistä, joka on perustettu vuonna 1940. Yritys työllistää maailmanlaajuisesti noin 25 000 työntekijää ja omistaa toimipisteitä 34 eri maassa. Yhteensä DS Smith tuottaa vuodessa noin 16 miljardia pakkausta. Pakkausratkaisut ovat merkityksellisiä myynnin kannalta, sillä optiset ominaisuudet luovat mielikuvia asiakkaiden mielessä. DS Smith tuottaa palveluita, joilla taataan pakkauksen

tuotteelle tuoma lisäarvo ja sitä kautta myynnin lisääminen, kustannusten alentaminen ja riskien minimointi.

DS Smithin tuotevalikoimaan kuuluu:

- hyllyvalmiit myyntipakkaukset
- kuljetuspakkaukset
- kuluttajapakkaukset
- lahjapakkaukset
- aaltopahviset POS-tuotteet ja displayt
- kestävät teollisuuspakkaukset

(DS Smith, 2020)



KUVA 2. DS Smithin logo. (DS Smith, 2020)

2.3 Kiilto

Kiilto valmisti ja toimitti opinnäytetyössä käytetyt liimat. Kiilto on suomalainen perheyrius, joka perustettiin vuonna 1919. Kiilto on erikoistunut kemianteollisuus, jonka päätoimialat ovat rakennus- ja kiinnitystarvikkeet, hygieniaratkaisut, ammattipuhtauden kemikaalit sekä kuluttajatuotteet. Parhaiten Kiilto tunnetaan valmistamistaan siivoustarvikkeista. Suomesta Kiilto on laajentanut jo 12 eri maahan ja Kiilto Family -konserni työllistää noin 1000 työntekijää.

Kiilto Family -konserniin kuuluu useampi tytäryhtiö:

- Kiilto Family Oy, emoyhtiö
- Kiilto Group, rakentaminen ja teollisuuden kiinnitysratkaisut

- KiiltoClean Group, ammattipuhtaus ja -hygienia, teollisuuden hygieniaratkaisut sekä kodin puhtaus ja henkilöhygienia
- Kiiltoplast Oy, muovipinnoitetut tuotteet
- Intermedius Oy, kenkä-, tekstiili-, teräs- ja konepajateollisuuden tarvikkeet

(Kiilto, 2019a)



KUVA 3. Kiilto-yrityksen logo (Kiilto, 2018)

2.4 Delfortgroup Tervakoski Oy

Delfortgroup tai Delfort nimen alla toimiva Tervakoski Oy on perustettu vuonna 1818 ja valmistaa asiakkailleen yksilöityjä pakkauspapereita. Tuotevalikoimaan kuuluu räätälöitynä esimerkiksi päällystetty ja päällystämätön pakkauspaperi, leivinpaperi, sähköeristepaperi, tippipaperi sekä käsintehty ja designpaperi. Delfort saa ja lähettää tilauksia jopa 60 eri maahan ja työllistää tällä hetkellä noin 340 työntekijää. (Delfort, a2020)

Yrityksen toimintaperiaatteet noudattavat yleisimpiä paperiteollisuuden, tuoteturvallisuuden ja hyvän käytännön työtapojen sertifikaatteja, kuten ISO 9001 ja ISO 14001. Yrityksen puumateriaalit tulevat PEFC ja FSC-sertifioiduista metsistä ja Delfort kunnioittaa puunhakkuu- ja kemikaalistandardeja EU Timber Regulation (EUTS) sekä Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals (REACH). (Delfort, b2020) Delfortgroupin koko konserni tekee

parhaansa myös kestävän kehityksen ylläpitämiseksi. (Delfort, c2020) HerääPahvi!-hankkeessa tehtiin pilot-ajoja Tervakoski Oy:n koneella, jonka kaurapaperia käytettiin tässä työssä.



KUVA 4. Delfort-konsernin logo (Delfortgroup, 2020)

2.5 Kirjapaino Öhrling Oy

Painotalo Öhrling on pieni, vuonna 1952 perustettu perheyritys, jolla on toimipisteitä Helsingissä ja Tampereella. Painotalon perustaja Harald Öhrlingin pojanpojat Lasse, Markku ja Jaakko Öhrling hallinnoivat yhdessä nykyaikaista painotaloa. Yritys tarjoaa muun muassa offsetpainatusta, digitaalista ja kohopainatusta, sekä lukuisia jälkikäsittelyvaihtoehtoja. Koko tuotantoprosessi käsitellään kokonaan painotalolla, joka takaa onnistumisen laadun ja aikataulun vaatimille haasteille. (Öhrling, 2020a)

Öhrling kannattaa laajalti myös ympäristöystävällisyyttä. Yrityksen toimikuvaan kuuluu suomalainen Joutsenmerkki, joka voidaan merkata tilatuille tuotteille kriteerien täytyessä. Kestävä kehitys ja ympäristöystävällisyys näkyy yrityksessä ympäristömääräysten mukaisena kierrätyksenä, painokoneiden kasvipohjaisissa painoväreissä sekä Joutsenmerkkisissä lakkausmateriaaleissa. (Öhrling, 2020b)



KUVA 5. Kirjapaino Öhrlingin logo (Öhrling, 2020)

3 KOKEELLISEN OSAN TEORIA

3.1 Kaurankuori-paperi

Kaurapaperia saadaan pistämällä vesi-sellu-seokseen mukaan kaurankuorta. Kaurapaperi oli valmistettu Tervakoski Oy:n pilot-koneella kotimaisista jauhetusta kaurankuoresta ja mäntysellusta, eikä sen valmistuksesta aiheudu lisäkustannuksia ympäristölle. (HerääPahvi!, 2019) Kaurankuoripaperi oli pienissä rullissa (kuva 6). Rullien leveyssuunta oli noin 36,5 senttimetriä ja pituus useita metrejä. Kaurapaperista oli rullia eri koepisteistä, joiden massakoostumus ja neliömassa vaihtelivat. Tavallisesta paperista kaurapaperi erosi siten, että kaurankuoripaperi oli aavistuksen ruskeampaa ja paperin pinnalla oli selkeästi nähtävissä ja kosketeltavissa olevia kaurankuoria. Rullien prosessiin ei ollut lisätty ylimääräisiä aineita kaurankuoren pitämiseksi ja siksi osa kaurankuorista varisi pois käsittelyssä.



KUVA 6. Kaurankuoripaperia rullissa

3.2 Kartonki

Kartongin valmistus eroaa paperin valmistuksesta siten, että kartongin neliömassasta tehdään korkeampi, noin 200 g/m² ylöspäin, sekä kartonkia

valmistaessa voidaan yhden kerroksen sijaan tehdä kaksi tai useampi päällekkäinen sellu- ja täyteainekerros, nimensä mukaisesti monikerroskartonkia. Neliömassan kasvaessa kartonki on lujempaa, jäykempää ja sillä on yleisesti ottaen paremmat lujuusominaisuudet kuin tavallisella kirjoituspaperilla. Monikerroksista kartonkia on taloudellisempaa tehdä, sillä korkean neliömassan kanssa kasvaa myös vedenpoistovastus ja eritoten päällystetäso takaa kartongille halutun lopputuloksen esimerkiksi erilaisiin painatuksiin. Kerrosmäärä voi vaihdella 3 tasosta jopa 7 tasoon (kuva 7). (Pöllänen, S. 2008)



KUVA 7. Kartongin kerrokset (Knowpap, 2014)

Kartongin taustakerrokseen käytetään yleensä valkaisematonta tai päällystettyä sellua. Keskikerroksissa voi olla useampi kerros, kuten uusiokuitumassaa ja usein yksi kerros kierrätyskuitua, CTMP:tä eli puolikemiallista massaa tai mekaanista massaa. (Taskinen, J. 2009) Kartongin keskikerrokset täytetään usein halvemmalla materiaalilla ja täyteaineilla, jotta kartongin valmistuksen kuluja voidaan pienentää. Pintakerros kartongissa on pintakäsitelty ja valkaistu.

Yleisimmät pakkauskartonkilajit on luokiteltu rasia- ja ulkopakkauskartonkeihin. Rasiakartonkeihin kuuluu taive-, uusiokuitu- ja sellukartonki, siinä missä ulkopakkauskartonkeihin lainerit ja aallotuskartonki. Rasiakartongit eroavat tavallisista kartongeista siten, että kartongin pinta voi olla kahdesti päällystetty suurien laatuvaatimusten takia. Taivekartongeissa kartongin molemmat

uloimmat kerrokset voivat olla pintaliimattuja. Pinnat päällystetään usein siksi, että taivekartonkia on yleisin vaihtoehto elintarvikepakkauksiin, kuten lääkkeisiin, kosmetiikkaan, pesuaineisiin ja savukkeisiin, joissa pakkauksen ulkonäkö kiinnittää mahdollisen ostajan huomion. Näin pinnan pitää olla mahdollisimman esteettinen ja sen printattavuus pitää olla hyvä.

Suurin syy kartongin valitsemiseen primäärisessä pakkauksessa on kartongin jäykkyys, keveys ja parempi painattavuus verrattaessa paperiin tai aaltopahviin monien tasojensa ansiosta. (Knowpap, 2014a) Kartongilla on monia muitakin eri käyttötarkoituksia, kuten hylsynä, askartelu- ja taidetarvikkeena. Paperin lailla kartonki ei kuitenkaan siedä paljoa kosteutta tai vettä. Nuuttauksessa kartongin yksi perusongelmista on tasojen lujuusominaisuuksien ja jännityksien poikkeukset, jolloin esimerkiksi toinen taso on jäykempi kuin toinen ja nuuttaus epäonnistuu yhden tai useamman tason rypistymisen tai repeämisen takia. (Taskinen, J. 2009) Jännityserojen takia materiaalissa ei tapahdu tarpeeksi palstautumista, joka voi johtaa kartongin palautumisen alkuperäiseen muotoonsa ja pinnalle syntyy murtojälkiä. (Järvenpää, J. 2018)

3.3 Aaltopahvi

Aaltopahvi muodostuu useasta valkaisemattomasta paperikerroksesta, joiden välissä on yksi tai useampi kerros paperia aallonmuotoisina, josta pahvi saa nimensä. Paperikerroksien välissä on nähty myös heksagonin muotoisia kerroksia S-muodon sijaan, mutta molempien tarkoituksena on saada paperitasoille jäykkyyttä, lujuutta ja joissakin tarkoituksissa leveyttä halutun pakattavan tuotteen kriteerien mukaisesti.

Aaltopahvia käytetään usein tuotteiden sekundääriseen pakkaukseen, joiden tarkoitus on suojata tuotetta iskuilta ja painon aiheuttamasta stressiltä kuljetuksen aikana sekä helpottaa primääripakkauksien siirtelyä. Aaltopahvista valmistetaan myös mainoksia ja mainostelineitä eli ”ständejä”. Aaltopahvin käytössä sen yksi huonoimmista puolista tällä hetkellä on huono kosteuden ja vedensietokyky. Kastuessaan aaltopahvi menettää jäykkyytensä. Aaltopahvia nuutattaessa kuitusuunnalla ja aallonsuunnilla on myös merkitystä.

Nuuttauksessa syntynyt ura on helpompi painaa nuuttistanssilla, kun stanssin ei tarvitse taittaa kuituja vastakkaiseen suuntaan. (Taskinen, J. 2009)

3.4 Optiset ominaisuudet

Paperia ja kartonkia tutkitaan ja tarkkaillaan monella eri tasolla näyttävyydestä mikroskooppitasoon, joilla varmistetaan paperin laatu haluttuun lopputuotteeseen. Optisilla ominaisuuksilla tarkoitetaan paljaalla silmällä nähtäviä ominaisuuksia, jotka perustuvat paperin ja valon vuorovaikutukseen. (Lehtola, J. 2013) Paperin ja kartongin optisia ominaisuuksia ovat muun muassa väri, kiilto, opasiteetti ja vaaleus.

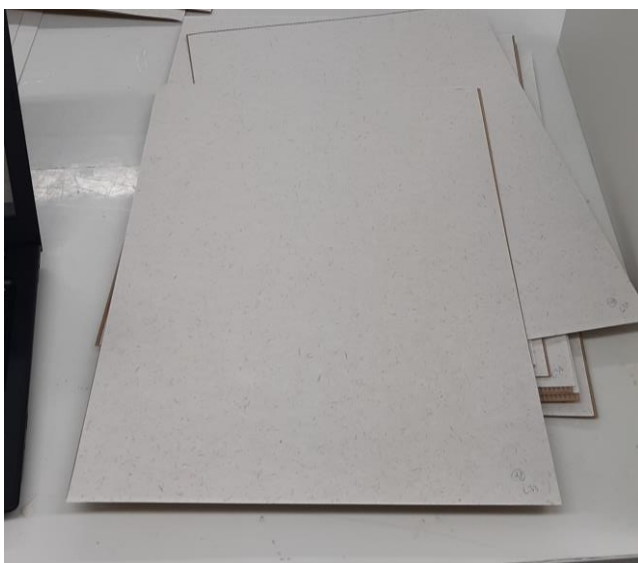
Optisiin ominaisuuksiin vaikuttavat paperin ominaisuudet, kuten sileys, huokoisuus ja karheus, sillä valon heijastuessa paperin pinnasta valonsäde taittuu. Sileällä paperilla valonsäde taittuu suurempaan kulmaan ja saa paperille aikaan kiillon. Ihmisen omat havainnot paperin optisista ominaisuuksista kuitenkin vaihtelevat valon tulosuunnan, huoneen valaistuksen, havaintokulmasta ja ihmissilmän kyvystä nähdä värejä. Optisiin ominaisuuksiin pyritään vaikuttamaan mm. lisäämällä paperiin täyteaineita. (Lehtola, J. 2013)

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin kaurapaperin optisissa ominaisuuksissa paperin fyysisten ominaisuuksien (karheus, sileys, läpikuultavuus, formaatio) ja optisten ominaisuuksien vuorovaikutukseen siten, että paperia arvioitiin sen ulkoisten ominaisuuksien perusteella painokelvolliseksi ja onnistuneeksi prototyyppikappaleeksi. Vierasparkkeleihin ei tässä opinnäytetyössä pystynyt vaikuttamaan, mutta paperissa havaitut aallot, kuprut ja ilmakuplat otettiin huomioon arkkien liimalaminoinnin yhteydessä. Ilmakuplien ensisijainen havainnointi katsottiin parantavaksi tekijäksi tutkimuksessa, sillä havainnoinnin avulla pystyi päättämään, oliko kaura-arkki jo rullasta tullessa ilmakuplilla vai vasta liimalaminoinnin jälkeen. Näin ollen saatiin selville, onko kupruilu johtunut liimalaminoinnista tai huonosta puristuksesta.

Huonolaatuisemmiksi arkeiksi luokiteltiin seuraavanlaiset arkit;

1. Kaura-arkki repsottaa pohjamateriaalista
2. Aaltopahvin ja kaura-arkin väliin on jäänyt liikaa ilmakuplia
3. Aaltopahvin aallot paistavat kaura-arkin läpi
4. Pohjamateriaali ei ole tarttunut kaura-arkkiin
5. Arkki on käyristynyt voimakkaasti liimalaminoinnin tuloksena
6. Liima näkyy kaurapaperin alta
7. Lopputuotetta ei pysty nuuttaamaan

Kaura-arkkien ennenaikaiseen kupruiluun ei keksitty varteenotettavaa ja hyvää metodia estää. Liiman levittymiseen tasaisesti ei ole mitään vedenpitävää tapaa, sillä telan kanssa työskentely on hankalaa ja liimamäärä pitää olla mahdollisimman pieni arkkien kostumisen takia. Hyvin laminoitu kaura-arkki (kuva 8) on yhtenäinen, ei repsota, ei kupruile tai aaltoile eikä omista ylimääräisiä ilmataskuja.



KUVA 8. Onnistunut liimalaminointi aaltopahviin

3.5 Laminointiliimat

Liimoja valmistetaan käytettäväksi moneen eri tarkoitukseen. Liiman soveltuvuuteen vaikuttaa olennaisesti sen käyttötarkoitus, sillä esimerkiksi jo liimattavat pinnat, olosuhteet ja liimaamiseen käytetyt apukeinot voivat joko

helpottaa tai vaikeuttaa liimausta huomattavasti. Liimaamisen apukeinoiksi voisi lukea mm. puristuksen, kuumuuden, ympäristön lämpötilan ja materiaalin kuivuuden.

Liimakategorioita on useampi; uretaaniliimat (UR), polyuretaaniliimat (PU tai PUR), polyvinyylasetaatti-liimat (PVAC), PSA-liimat, kuumaliimat, anaerobiset liimat, biopohjaiset liimat, synteettiset liimat jne. Liimoilla on myös kosteudenkestävyyteen pohjautuva standardiluokitus, joka auttaa liiman valitsemisessa:

- Sisäkäyttöinen liima D1 (pieniin lämpötilanmuutoksiin)
- Sisäkäyttöinen liima D2
- Ulkokäyttöinen liima D3
- Vahva puuliima D4

D1 ja D2 liimat soveltuvat esimerkiksi kalusteasennuksiin, jossa jos materiaalina toimii puu, on puun kosteusprosentti oltava alle 15-18. D3 liimalla voi liimata sisätiloissa kosteisiin paikkoihin, jossa on usein vettä, kuten kylpyhuone ja lavuaarit sekä ulkona suojaisiin paikkoihin. D4 soveltuu jo liimaamaan todella kosteita materiaaleja keskenään. (Tee Itse, 2019)

Liimoja voidaan jakaa ryhmiin myös muiden ominaisuuksien perusteella, kuten kylmä- ja kuumakovettuvuus, valmistustapa, kovettumistavan mukaan joko fysikaalisesti tai kemiallisesti kovettuviin, sauman vedenkestävyyden tai kerta- ja kestopuuviliimoihin. Fysikaalinen ja kemiallinen kovettuminen eroavat toisistaan siten, että fysikaalisesti kovettuvasta liimasta haihtuessa liuotin (usein vesi) liima kuivuu ja kemiallisen liiman kovettumisprosessissa tapahtuu kemiallinen reaktio. Kemiallisesi kovettuviin liimoihin lisätään kovete, josta reaktio saa alkunsa. Eräitä fysikaalisesti kovettuvia liimoja ovat esim. PVAC- ja sulateliimat sekä kemiallisesti kovettuvia liimoja ovat urea-, polyuretaani- ja epoksiliimat. (Pro Puu, 2020)

Jokaisella näistä liimoista on oma niin kutsuttu ”avoin aika”, joka tarkoittaa sitä aikaa, kun alat levittämään liimaa ja halutut kappaleet pitää olla puristuksissa toisiinsa. Puristumis- ja kuivumisajoissa on paljon variaatiota; PVAC-liimoilla voi

riittää tunti puristusaikaa, PUR-liimoilla 4 tuntia ja epoksiliimoilla jopa 24 tuntia. (Virkkilä, T. 2016)

Synteettiset liimat eritoten puun liimaamisen tarkoituksessa ovat syrjäyttäneet luonnonliimat (glutiini-, kaseiini- ja albumiini-liimat), sillä ne omaavat paremmat ominaisuudet liimaamiseen kuin luonnonliimat. Synteettisiä liimoja on mm. helppo valmistaa levittämiseen, niillä on nopeampi kovetusaika ja ne kestävät mikro-organismeja paremmin. Synteettisiin liimoihin kuuluu esimerkiksi PVAC-liimat ja epoksiliimat. (Pro Puu, 2020)

3.5.1 PVAC

PVAC-liima tarkoittaa polyvinyyliasetaatti-pohjaista liimaa, jota yleensä käytetään puuliimana. Liima voi olla väriltään valkoista, keltaista tai läpinäkyvää ja on koostumukseltaan jokseenkin sakeaa. PVAC-liima on yleinen liima puusepänteollisuudessa ja sitä käytetään puukalusteiden liimaamiseen. PVAC-liimat voivat olla myös lämpökovettuvia, joka lyhentää kuivumisajan jopa kymmeneen minuuttiin. (Haavisto, J. 2017)

Liiman kovettumistapa on fysikaalinen, joten kaikki PVAC-liimat eivät sovi käytettäväksi tiloihin tai ympäristöön, jossa on jatkuva kosteus. Liima lahoaa vesiliuotuksesta, koska liimassa alun perin ollut vesi haihtuu pois liiman kuivuesssa ja liuottaa liiman uudestaan nestemäiseen muotoon. Riippuen liiman sekoitussuhteesta PVAC-liima on kuitenkin yksi yleisimpiä puuliimaamiseen käytetty liima.

3.5.2 Biopohjaiset liimat

Biopohjaisia tuotteita on kehitetty jo vuodesta 2012, joiden kehityksessä Kiilto on ollut tiiviisti mukana alusta asti. Biopohjaiseen liimaan Kiilto käyttää raaka-aineinaan mm. tärkkelystä, risiiniöljyä ja furfuryyialkoholia, jotka saadaan jalostamalla perunaa, maissia, risiinikasvia, sokeriruokokuiduista ja maissintähkiä. (Kiilto, 2016)

Myös VTT on tehnyt tuotekehitystä tekemällä liimaa ja betonin notkistin-apuainetta ligniinistä (Catlignin). Puutuotteissa, jotka on valmistettu lastu-, ja kovalevyistä, vanerista ja laminaatista on käytetty yleensä hartsiliimoja, jotka sisältävät kalliita ja myrkyllisiä fenoleita ja formaldehydejä. VTT uskoo ligniinin sivuvirran olevan kilpailuetu ja tuovan lisäarvoa koko arvoketjulle. Ligniinpohjainen liima on kaavailtu käytettäväksi muovi- ja kumituotteisiin sekä laminaattien- ja puutuotteiden valmistajille, kuten erilaisten kalusteiden valmistajille. (Projektiutiset, 2017)

Standardeja ja patentteja biopohjaisille liimoille on vielä niukasti, minkä takia biopohjaisia liimoja ei ole vielä kovin yleisessä käytössä Suomessa. Kiillon yksi kehityskohde, Biomelt, on kuitenkin ISO-standardien mukainen kompostoitava sulateliima. Biomelt on maitohappopohjainen liima, jota kehitetään käytettäväksi esimerkiksi Takeaway- tuotteisiin ja pakkauksiin. (Kiilto, 2019b)

3.6 Nuuttaus

Pakkausmateriaalin loppuprosesseihin kuuluu mm. stanssaus, koristekaiverrukset, leikkaus, perforointi ja nuuttaus. Opinnäytetyössä valmistetut aaltopahvit ja kartongit oli tarkoitus tulla käyttämään materiaaleina mainostelineihin eli ”ständeihin” sekä erilaisiin pakkauksiin, joten niihin testattiin myös nuuttaamista.

Nuuttaus tarkoittaa pakkausmateriaalin taivutusjäykkyyden alentamista puristamalla kartonkia tai aaltopahvia halutusta kohdasta (kuva 9). Nuuttausura syntyy painamalla nuuttistanssi materiaalin ja kanaalin väliin. (Taskinen, J. 2009) Nuuttaamista käytetään rasiakartongin ja aaltopahvin jatkojalostusprosessina. Pyöreä, tylsä nuuttistanssi tai ”nuuttausterä” heikentää materiaalin sisäistä lujuutta ja mahdollistaa materiaalin taittamisen ilman rypistymistä. Materiaalin nuutattavuus on hyvä, kun materiaali kestää nuuttauksen rikkoutumatta ja taittaessa nuuttauksen kohdalta se taittuu helposti. (Knowpap, 2014b)



KUVA 9. Esimerkki nuuttauksesta liimalaminoidulla kaurapaperilla ja aaltopahvilla

Nuuttauksen jäykkyys riippuu nuuttauksen syvyydestä, materiaalin paksuudesta ja nuuttauksen leveydestä. Myös jalostusvaiheessa materiaaliin päässyt kosteus vaikuttaa nuuttauksen lopputulokseen. (Knowpap, 2014b) Epäonnistuneessa nuuttauksessa pinta- tai materiaalin muut kerrokset ovat murtuneet huonon murtovenymän ja muodonmuutoksen sietämisestä. Palstautumislujuus, jota testataan monikerroksisiin kartonkilajeihin, on kartongin kyky sietää paksuussuuntaista vetoa ja se vaikuttaa myös nuuttauksen onnistumiseen siten, että palstautumislujuuden arvo on oltava tarpeeksi alhainen. Lujuuden on kuitenkin oltava riittävän suuri, että materiaalia pystyy jalostamaan ja materiaali tyydyttää asiakkaan tarpeet. (Pöllänen, S. 2008)

3.7 Pakkaus- ja telineprototyypit

Pakkauksien ja mainostelineiden suunnittelutyössä auttoi DS Smithin pakkausalan asiantuntijat. Materiaalien puolesta arkkien piti olla yhtenäisiä, optisesti hienon näköisiä ja tarpeeksi jäykkiä pitämään pakkaukset ja telineen

koossa. Myöhemmässä vaiheessa myös materiaalien printattavuuden testasi DS Smith.

Prototyyppejen kuvat on luonut DS Smithin työntekijä Heidi Tikkala. Mainostelineiden pohjamateriaaleiksi toivottiin mahdollisimman jäykkiä ja isoja arkkeja, jotta niiden kanssa työskentely olisi jouhevampaa. Painatus- ja leikkausprosessissa arkeissa oli hyvä olla lisäkokoa mahdollisten virheiden takia. Viimeisimmissä arkkikoissa kokoja pystyi hiukan pienentämään, kun tiedettiin tarkkaan haluttujen pakkauksien ja telineiden dimensiot sekä kuinka kaurapaperi käyttäytyy prosessin aikana. Prototyyppejä oli kaiken kaikkiaan 3 erilaista, jotka ilmensivät mainostelinettä (kuva 10), maitotölkkiä ja kosmetiikkapakkausta.



KUVA 10. 3D-mallinnus kaurakeksien mainostelineestä (Heidi Tikkala, 2020)

4 KOKEELLINEN OSA

Kokeellisessa osassa käytettiin hyödyksi opinnäytetyön tekijän aiempaa kokemusta HerääPahvi! -hankkeen parissa sekä hankkeen aiempien tutkimuksien kokeellisia osia. Näistä kokeellisista osista tärkeimmässä osassa oli Lassi Helmisen tutkimus kaurankuoripaperin kiinnittyvyys aaltopahviin.

Lassi Helmisen kokeellista osaa apuna käyttäen valmistettiin 20 kappaletta kaurapaperiarkkeja, joista 5 laminoitaisiin kaurapaperikartongiksi DS Smithille testikäyttöön. Loput 15 käytettiin varsinaisen työn liiman optimoinnin harjoitteluun ja niiden avulla kehitettiin uusi metodi liiman levitykseen (4.2). Opettaja Päivi Viitaharju kuljetti ensimmäiset 5 kartonkia DS Smithille, jotka määrittelivät halutut ominaisuudet ja paperikoon.

Haluttujen prototyyppien ominaisuudet ja vaatimukset:

- Kartonkiarkkeihin käytetään yli 200 neliömassaista kartonkia
- Aaltopahviarkkeihin käytetään aaltopahvia, jonka aallonharjat ovat pieniä
- Arkkeihin riittää kaura-arkki toisella puolella (ei kaksipuolisia)
- Prototyypit testataan nuuttauksen osalta
- Arkkikoko oltava mahdollisimman suuri
- Arkeissa mahdollisimman vähän kupruilua (laadukkaat optiset ominaisuudet)

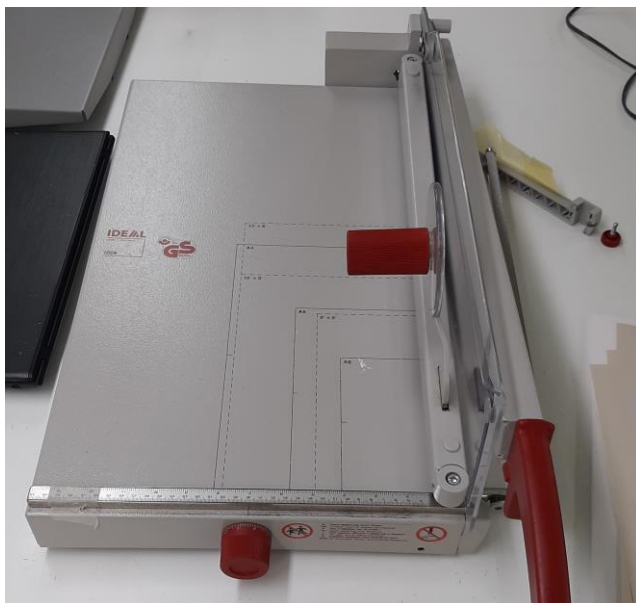
Kartonki- sekä aaltopahviarkkeja tehtiin yhteensä vähintään 10, joista noin 2-4 olivat kokoa 30,0 cm x 40,0 cm ja 7-10 kokoa 49,5 cm x 35,0 cm ja niihin käytettiin kaikkiin eri tapoja levittää liima. Testiarkkien optiset ominaisuudet on luokiteltu liitteisiin 1 & 2. Kaurapaperien optiset ominaisuudet arvioitiin kupruilun osalta leikkauksen jälkeen ja niiden liimausmenetelmät sekä liimamäärä kirjoitettiin muistiin. Kaurapaperin neliömassa oli 135 g/m² ja pohjakartonki oli Takon 225 g/m².

Eriaaltoiset aaltopahvit (kuva 11) leikattiin aaltopahvirullasta ja kaura-arkit kaurapaperirullasta. Kartonkiarkkeja TAMK:lla oli jo entuudestaan 30 cm x 40 cm kokoisia, sekä suurikokoisia 1,5 m x 1,5 m, joista jälkimmäiset leikattiin

pienempikokoisiksi. Kaurapaperit, aaltopahvit ja kartongit leikattiin ja siistittiin paperileikkurilla (kuva 12). Työn myöhemmän vaiheen materiaalit valmisteltiin samasta lähteestä ja samoilla metodeilla.



KUVA 11. Eriaaltoisia aaltopahveja rullassa



KUVA 12. Paperileikkuri

Tutkimuksessa käytetyt liimat ovat Sitol 4228, Kestomer VP ja Sitol 3838. Sitol 4228 ja Kestomer VP olivat väriltään valkoisia ja tuoksuivat luonteenomaisesti liimoille. Molemmat liimoista olivat hyvin viskoottisia, mikä hankaloitti ajoittain liiman levittämistä ja määrän hallitsemista. Sitol 4228 ja Kestomer liiman

kuivumisnopeus oli myös todella nopea ja liima imeytyi etenkin kartonkiin sekunneissa. Sitol 3838 (kuva 13) liima oli väriltään ruskeaa, siirappista ja tuoksui hiukan puisevalta, sillä se on valmistettu biopohjaisista materiaaleista. Sitol 3838 kanssa työskenteleminen oli hankalaa, sillä se oli todella tahmeaa ja kuivui nopeasti.



KUVA 13. Biopohjainen Sitol 3838- liima.

4.1 Liimojen kuiva-ainepitoisuus

Kuiva-ainepitoisuudet mitattiin kahdella samanlaisella laitteella niin, että jokaisen mittauksen olosuhteet olivat samat. Kun mitattava liima on laitettu paikoilleen, kone nostaa nopeasti lämpötilan 150 asteeseen ja kuivattaa liimaa niin kauan, kunnes kuiva-ainepitoisuus pysyy stabiilina. Kuiva-ainepitoisuus ilmaistiin prosentteina eli tulomuoto oli DC % ja kuivatusaika oli kaikilla liimoilla noin 12 minuuttia. Painohaarukka näytteelle tuli olla 1,3 g ... 1,7 g, jotta tulos olisi mahdollisimman tarkka.

Kaikille kolmelle eri liimalle (Sitol 3883, Sitol 4428 ja Kestomer VP) mitattiin kuiva-ainepitoisuus käyttämällä laboratoriossa olevaa kosteusanalysaattoria, Mettler Toledo HB 43-S (kuva 14). Kone taarattiin, kun metallinen kevyt alusastia oli laitettu paikoilleen. Sen jälkeen liimaa yritettiin punnita vaa'alle

ruiskun avulla noin 1,5 grammaa niin, että liima on mahdollisimman levittäytyneenä alusastialle pisaroina. Koe toistettiin 5 kertaa jokaisen liiman kohdalla.



KUVA 14. Kosteusanalysaattori Mettler Toledo

Tuloksista (taulukko 1) huomataan, että Sitol 3838 sisälsi eniten kuiva-ainetta, noin ~60 %. Sitol 4228:n kuiva-ainepitoisuus oli noin 10 prosenttia pienempi kuin Sitol 3838 ja Kestomer VP:n melkein 20 prosenttia. Tulokset on helppo havaita käytännössä, esimerkiksi Sitol 3838- liiman nopeana kuivumisena ja Kestomer VP- liiman nestemäisyytenä. Kun liimassa on paljon kuiva-ainetta, on haihtuvaa, nestemäistä ainetta vähemmän ja liiman kuivumisaika on pienempi. Sitol 3838 liimaa oli hankala käsitellä sen lyhyen aplikointiajan takia, kun taas Kestomer VP oli hyvin viskoosi. Kaikki mittauspisteet voi tarkistaa liitteestä 3.

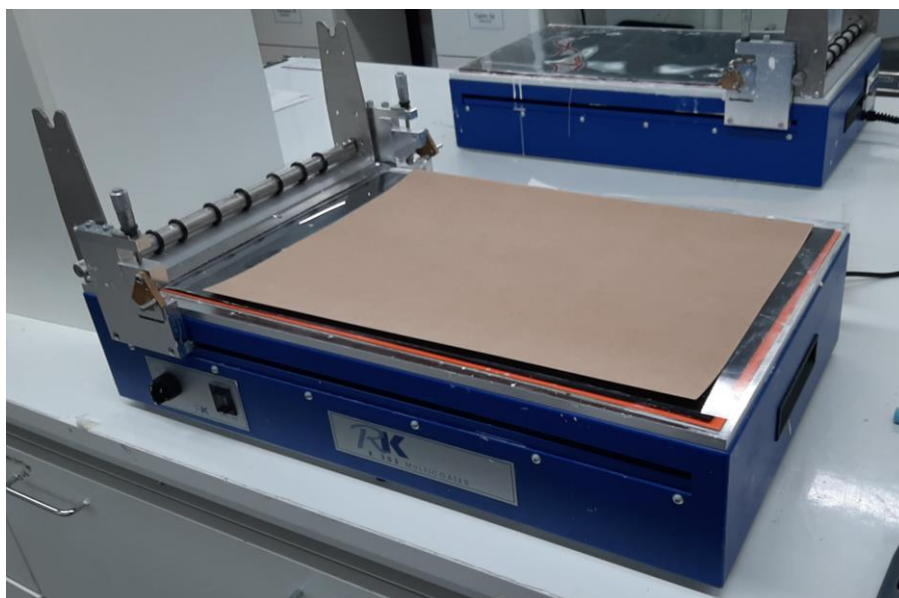
TAULUKKO 1. Liimojen kuiva-ainepitoisuudet. Arvot keskiarvoina.

| Liimatyyppe | DC % |
|-------------|-------|
| Sitol 3838 | 59,73 |
| Sitol 4228 | 52,24 |
| Kestomer VP | 43,64 |

4.2 Käytetyn metodin optimointi

Ensimmäisen kartonki-testiryhmän liima annosteltiin kartongin karhealle, päällystämättömälle alapuolelle, jotta liima saavuttaisi paremmin kartongissa olevien kuitujen urat ja laaksot ja parantaisi kaurapaperin pitävyyttä. Tämä todettiin Lassi Helmisen kokeellisessa osassa toimivammaksi, kuin liiman levittäminen suoraan kaurapaperille, sillä kaurapaperi imee itseensä paljon liimaa ja lopputuloksesta tulee huomattavasti märempi ja epätasaisempi (Helminen, L. 2019).

Päällystyspöydälle (kuva 15) kartonki asetettiin karhea puoli ylöspäin paperille. Aluspaperi suojaa pöytää liimaroiskeilta ja pöydällä operoitiin kartonkien lisäksi myös aaltopahvinäytteet. SITOL 4228-liimaa ruiskutettiin kartongille muovisella ruiskulla, jonka tarkkuus oli 0,5 ml erilaisilla metodeilla. Liima levitettiin ikkunaliipalla tasaiseksi verhoksi ja sen päälle aseteltiin ja paineltiin. Kaurapaperia paineltiin kumitelalla ylimääräisen ilman poistamiseksi. Syntyneet arkit pistettiin yli 12 tunniksi tasaisen levyn alle, jonka päälle laitettiin painoksi raskaita esineitä.



KUVA 15. RK:n K 303 Multicoater- päällystyspöytä, jonka päällä aaltopahvi

Haluttujen arkkien koko oli riippuvainen kaurapaperirullien koosta, sillä kaikista materiaaleista (kartonki, aaltopahvi) sillä oli pienin leveysmitta (noin 36,5 cm).

Tämän muuttujan mukaan laskettiin suurin mahdollinen arkkikoko seuraavan kaavan (kaava 1) mukaisesti. Kaava on tehty arkkikokojen (A3, A4, A5) luokiteltujen standardikoon mukaan.

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \quad (1)$$

Jossa a ja b ovat tavallisen A3-arkin standardimitat (pituus 420 mm ja leveys 297 mm) ja syntynyt arkki, eli muuttujat c ja d olisi näin suurennettu versio standardimittaisesta arkista. Mittaamalla kaurarullaa viivoittimella arvioitiin, että sopiva leveys arkeille olisi 350 mm, jolloin arkkeihin jäi vielä muutama sentti varaa leikata ne paperileikkurissa suoriksi ja tasaisiksi. Näin ollen leveys c on 350 mm ja kaava 2 voidaan ratkaista.

$$\begin{aligned} \frac{420}{297} &= \frac{c}{350} & (2) \\ 297c &= 350 * 420 \\ 297c &= 14700 & //: 297 \\ c &= \frac{14700}{297} \\ c &= 494,94 \dots \\ &\sim 495 \end{aligned}$$

Näin ollen suurin mahdollinen, mittasuhteiltaan standardeja mukaileva arkkikoko kaurarullien suurimman leveyden mukaan on 495 mm x 350 mm. Leikattuja kartonkeja, kaurapapereita ja aaltopahveja säilytettiin TAMK:n paperilaboratoriossa muuttumattomassa vakiokosteudessa. Myöhemmässä vaiheessa arkkikoot haluttiin saada mahdollisimman suuriksi, jolloin kaura-arkkien pitkittäissuuntaisen dimension pituuden määräsi paperileikkurin leveys, joka oli noin 580 mm ja leveyssuuntaisen dimension pituus oli rajallinen kaurapaperirullan leveydestä 360 mm johtuen.

Aaltopahvin aaltojen suuruudesta valittiin parhaimmaksi aaltopahviksi pieniaaltainen aaltopahvi. Ensimmäiseen aaltopahvi-testiryhmään tehtiin 11 arkkia. Aaltopahvin arkit leikattiin niin, että 8 kappaleessa aallonharjat olivat suuntautuneet arkin pitkän sivun mukaisesti, eli vertikaalisesti ja 3 kappaletta

pitkän sivun mukaan horisontaalisesti. Määrät valittiin pitäen mielessä se, että horisontaalisesti asettuneet aallonharjat tekevät aaltopahvista vähemmän jäykän pitkän sivun mukaisesti, mutta metodologia haluttiin testata molemmiin suuntaisiin aallonharjoihin.

Liiman levittämistä kokeiltiin myös aaltopahvin sille puolelle, jossa oli aaltoja taustapaperin sijaan. Liiman levittämiseen tarkistettiin Lassin raportti, josta etsittiin työkalut, metodit sekä arvioitiin liiman kulutus Lassin arkkikoon ja omien arkkikokojen suhteen. Apuna käytettiin päällystyspöytää ja telaa, jossa on sininen muovilieriö (kuva 16) liiman levittämiseen. Liiman levitys aaltopuolelle oli luultua haastavampaa ja ensimmäinen aaltopahvi meni pilalle (kuva 17). Syynä sille oli liiman pakkautuminen vain pienille alueille aaltopahvia, joka sai aaltopahvin kupruilemaan. Liima ei riittänyt muille kontaktiosuiksille pahvissa, kun liima uppoutui aallonharjojen pohjiin. Kehitettiin oma liimanlevitystapa, jolla liima ei pakkautuisi yksittäisiin aallonpohjiin.



KUVA 16. Liiman levittämiseen käytetty applikaatio, jossa telan päässä on löysä sininen muovilieriö



KUVA 17. Pilalle mennyt koevedos

Uudenlainen metodi keksittiin näiden työkalujen ja työtapoja hyödyntäen, ottaen huomioon materiaalien ominaisuudet ja alla kuvattua metodia käytettiin varsinaisissa koekappaleissa tässä tutkimuksessa;

Aaltopahvi tai kartonki asetetaan suojapaperin päälle aallonharjat ylöspäin (kartonki alapuoli ylöspäin) ja liimaa otettiin muovisella ruiskulla, jonka tilavuus oli 10 ml ja tarkkuus 0,5 ml. Liimaa annosteltiin punaisen telan (kuva 18) ympärille niin, että puolet liimasta levitettiin tasaiseksi ruiskun avulla koko telan ympäri. Telalla siveltiin liima aaltopahville nopein ja kevein liikkein nurkista keskemälle aaltopahvin harjojen suuntaisesti.



KUVA 18. Punainen liimaustela ja liiman levitys telalla

Puolet liimasta annosteltiin taas telalle ja levitettiin nopein liikkein sinne, missä liimaa ei vielä ollut. Kaura-arkki nostettiin aaltopahvin päälle ja paineltiin sivelevin liikkein kiinni aaltopahviin aallonharjojen mukaisesti. Lopuksi syntynyt kaura-aaltopahviarkki pistettiin muutaman kilon painon alle puristuksiin. Tämä tehtiin edistääkseen liiman pysyvyyttä. Metodi videoitiin myöhempää käyttöä varten. Liimojen kuivumisajan ollessa tuntematon, pidettiin kaura-arkin jokaisella testikerralla vähintään päivän verran puristuksissa, sillä liiman pysyvyyteen vaikuttaa paljon liiman kontaktipinta-ala, puristusaika ja kuivumisaika. Testeistä todettiin myös, että aaltopahveja on helpompi käsitellä taustapaperipuolelta sekä lopputuloksesta tulee esteettisempi, kun liima levitetään taustapaperipuolelle, eikä aallonpuolelle.

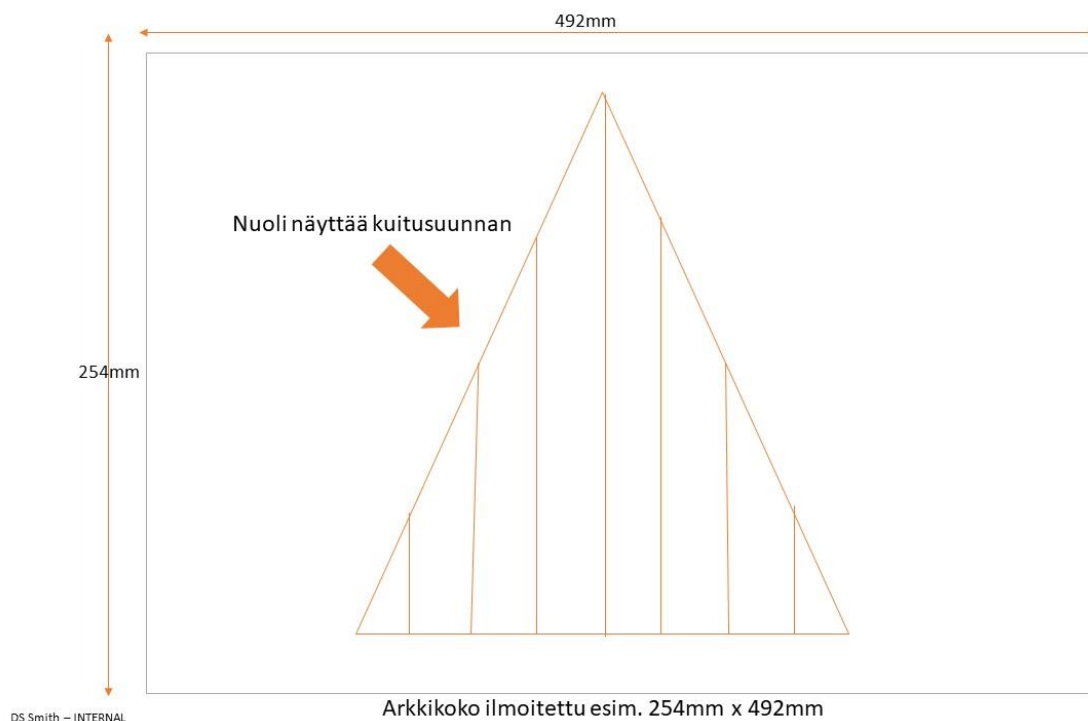
4.3 Liiman määrän optimointi aaltopahviin

Pilalle menneiden kappaleiden jälkeen testattiin erilaisia liimanlevitysmetodeja, jotka todettiin olevan irrelevantteja sille, kuinka hyvin kaura-arkki pysyi aaltopahvissa kiinni. Ainoastaan levitystapa, joka optimoitiin Lassin metodista (kohta 4.1), oli merkitystä liiman kontaktiosuuden kannalta, sillä muut menetit osoittautuivat hankaliksi, eikä liima tarttunut joka puolelle arkkeja. Aaltopahvien valmistuksessa uuden metodin kanssa ei ollut suuria ongelmia.

Liimalaminointi suoritettiin myös muutamaan arkkiin molemminpuolisesti. Kaikkiin liimalaminoituihin kaura-arkkeihin pistettiin noin 1 ... 2 ml lisää liimaa, kuin mitä kaura-arkkeihin oli pistetty toiselle puolelle. Molemminpuolisuus testattiin aaltopahveissa pienempiin kappaleisiin ensin ja materiaalien rajallisuuden vuoksi testit tehtiin toisen neliömassan 145 g/m^2 kaura-ärkeilla, jotta varsinaisiin kappaleisiin riittäisi 135 g/m^2 kaurapaperia.

Haluttujen mainostelineiden prototyyppien suunnitelmat tulivat kesken työtä, jolloin suunnittelu piti uudelleenarvioida. Mainostelineiden tekniikkaan todettiin, että arkit, joissa olisi aallonharjat lyhyen sivun mukaiset (kuva 19), olisivat parhaita arkkien taittamiseen. Edellisten horisontaalisten arkkien teon jälkeen pohdittiin, että yksipuoleinen aaltopahvi ja kaurapaperi eivät yksinään riittäisi tukemaan mainostelinettä. Sen vuoksi DS Smith tarjosi opinnäytteeseen

toisenlaista aaltopahvia, jossa oli molemmilla puolilla valkoinen taustapaperi. Edellä mainittua aaltopahvia käytettiin ainoastaan painotalolle meneviin painovalmiisiin arkkeihin.



KUVA 19. Arkkien aallonsuunta (Heidi Tikkala, 2020)

4.4 Liiman määrän optimointi kartonkiin

Liiman määrän optimoimiseen tehtiin 5 pienempää koekappaletta otsikon 4 kerrotun metodin mukaisesti eri liimanlevitysmetodeilla, jotta paras liimanlevitysmetodi löytyisi. Tästä testiryhmästä todettiin, että käytetyt kartonkiarkit voisivat omata suuremman neliömassan paremman jäykkyyden ja kestävyysaikaansaamiseksi. Varsinaisiin mainostelineisiin tuleville kappaleille valittiin siis jäykempää kartonkia, Plex 265 g/m² -merkkistä kartonkia. Kartonkeihin liimalaminoitiin vain yksi kaura-arkki ja laminointia kokeiltiin molemmille puolille.

Kartonkiarkkien kanssa ongelmaksi syntyi usein liiman imeytyminen arkkiin ja ennenaikainen kuivuminen. Liimaa oli hankala annostella niin, että arkit eivät tulisi liian märäksi ja usein arkit repsottivat keskeltä tai reunoista sen takia. Sitol

3883- liiman kanssa syntyi ongelmia liiman tahmeuden kanssa. Liiman avoin aika oli todella lyhyt, mikä näkyi liiman tahmautumisena telan ympärille. Tahmeuden takia kaikki liima ei ottanut kontaktia kartonkiin, vaan seuraavien kartonkien aikana tarttui kiinni liimattuun kartonkiin. Tämä aiheutti viimeisten kartonkien aikana liiman levityksen aikana pientä repimistä ja telaan tarttui pieniä kartongin palasia.

4.5 Arkkien nuuttaus

Nuuttaus testattiin paperilaboratorion nuuttauskoneella. Kaurapaperilla liimalaminoidut aaltopahvi- ja kartonkipaperit laitettiin nuuttistanssin ja kanaalin väliin. Nuuttausta testattiin kaurapaperin ollessa nuutin sisä- ja ulkopuolella, eli joko kaurapaperi oli nuuttistanssin kanssa kontaktissa tai taustamateriaali oli kontaktissa.

Onnistunut nuuttaus ei muokannut materiaalin jäykkyyttä muilta kuin nuutin osalta ja kaurapaperikerros ja taustamateriaali ovat pysyneet yhdessä. Nuutin kohdalta materiaalin pystyy helposti taittamaan vaurioittamatta materiaalin pinta- tai pohjatasoa. Huonossa nuuttauksessa materiaalit eivät ole pysyneet yhdessä tai nuuttauskohta on vaurioitunut niin, ettei arkki ole enää optisesti hyvän näköinen.

4.6 Arkkien kuiturepeämät testi

Kuiturepeämät testit toteutettiin neliskanttisen, metallisen sapluunan avulla, jonka keskellä oli X-kirjaimen muotoinen reikä. Liimalaminoidun kartonki- tai aaltopahviarkin päälle asetettiin sapluuna, jonka reiästä arkkia viillettiin X-merkin mukaisesti puukolla. Sapluuna poistettiin ja viiltokohdan risteyksestä revittiin kaurapaperia irti pohjamateriaalista 4 eri suuntaan. Yhdestä testistä tuli siis 2 konesuuntaista ja 2 poikkisuuntaista testipistettä.

Arvosteluun käytettiin taulukon 2 mukaista asteikkoa. Asteikon mukaisesti 0 tarkoittaa sitä, että liimattu kaura-arkki on lähtenyt taustamateriaalista irti niin,

ettei taustamateriaaliin ole jäänyt jälkiä arkista. Asteikon 3-5 arvoilla kaura-arkki on tarttunut niin hyvin taustamateriaaliin, että kaura-arkin repäistessä irti se jättää taustamateriaaliin kuitua. Arvo 5 kertoo siitä, että hyvin aseteltu ja liimalaminoitu arkki on jättänyt koko liiman kontaktisuudelle kuitua, eli liimaus on ollut yhtenäinen ja kaura-arkki on tarttunut taustamateriaaliin hyvin.

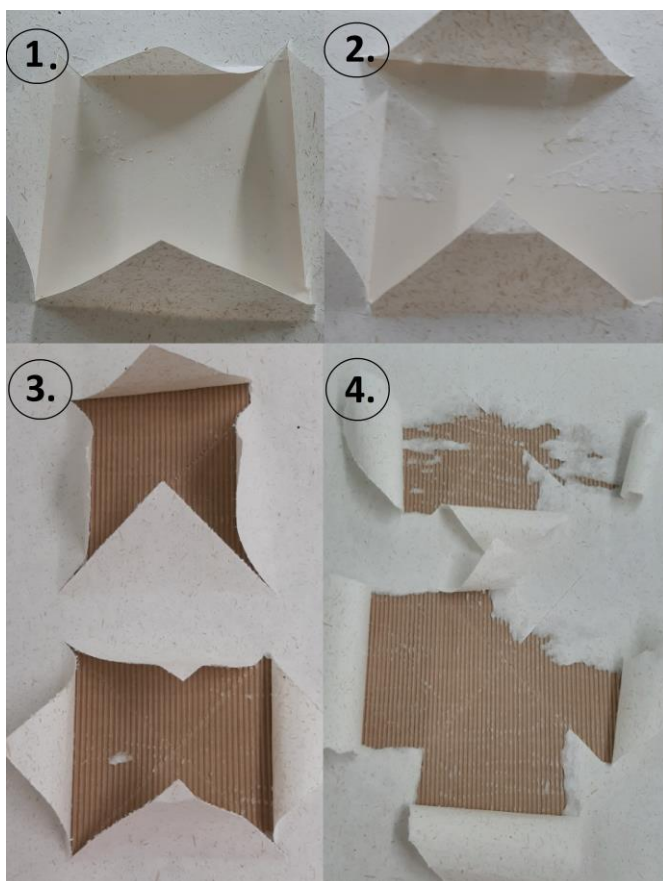
TAULUKKO 2. Kuiturepeämätestin arvosteluasteikko

| Arvo | Tarttuvuus |
|------|------------------------------|
| 0 | Ei tarttuvuutta |
| 1 | Heikko tarttuvuus |
| 2 | Tarttunut, mutta ei revennyt |
| 3 | Alle 50% kuiturepeämää |
| 4 | Yli 50% kuiturepeämää |
| 4,5 | Yli 90% kuiturepeämää |
| 5 | 100% kuiturepeämää |

Kuiturepeämätettiin ei käytetty parhaimpia arkkeja, sillä parhaimman näköiset arkit haluttiin säästää mainostelinettä varten. Kuiturepeämätettiin valittiin ensisijaisesti pienikokoiset arkit ja sen jälkeen satunnaisia isoja arkkeja.

Yhdestä arkista sai yhteensä 4 koepistettä, 2 konesuuntaan ja 2 poikkisuuntaan. Oletus kuiturepeämätettiin oli, että moni arkki tuskin saavuttaisi suurta kuiturepeämää, sillä etenkin moni kartonkiarkki kärsi paljon ilmakuplista ja heikosta liimauksesta.

Kuvassa 20 on esimerkkinä, minkälaisia tuloksia repeämätesti tuotti kartonki- ja aaltopahviarkeilla. Numerot 1 ja 3 olivat huonosti kiinnittyneitä arkkeja – liimapinta ei ole tarttunut kaurapaperiin, eikä kaurapaperi ole revennyt pohjamateriaalista ollenkaan, koska liimakontaktia materiaalikerrosten välillä ei ole ollut. Numerot 2 ja 4 näyttävät hyviltä tuloksilta, sillä kaurapaperi on tarttunut pohjamateriaaliin yhdestä tai useammasta kohdasta. Liima pitää sitkeästi molemmista tasoista kiinni, joka aiheuttaa huonoimman z-lujuuden materiaalin repeytymisen, eli kaurapaperin.



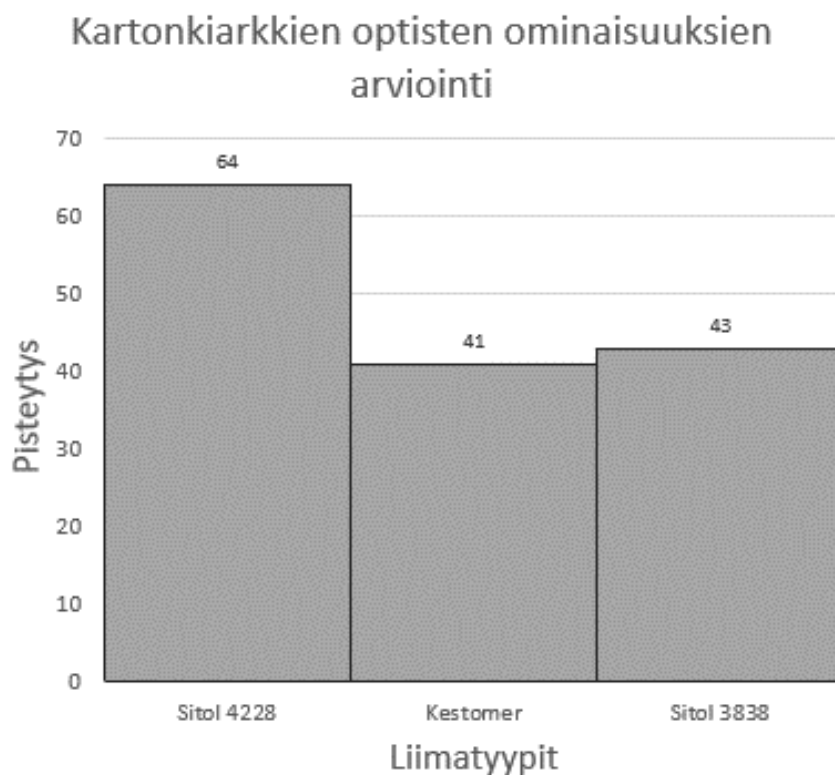
KUVA 20. Repäisytestien tuloksia kartonki- ja aaltopahviarkeissa

5 TULOKSET

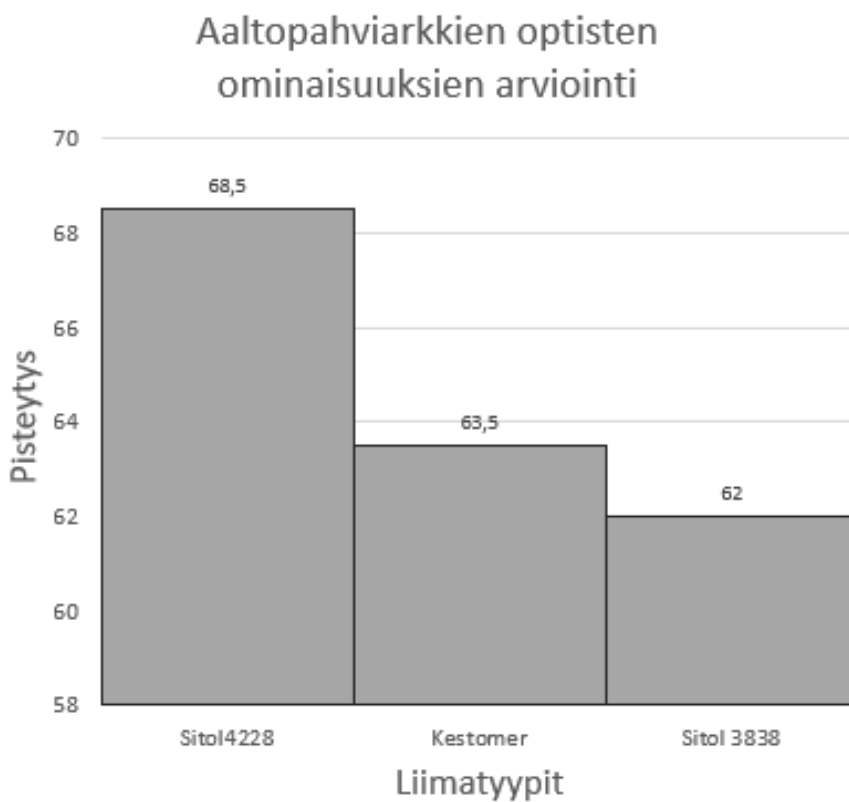
Yleisesti ottaen kaurapaperiarkkien liimalaminointi kartonkiin ja aaltopahviin oli haastavaa. Moni kaurapaperiarkeista pysyi liimauksen ja painon alla edelleen hyvässä kunnossa, jos arviointi arkkiin ennen laminointia on ollut ”hyvä kappale”. Koska työ oli kuitenkin käsin tehtyä, liimalaminointi ei ole täydellinen jokaisen kappaleen kohdalla. Kaura-paperin karheuden takia liimaa ei tarttunut tarpeeksi arkkeihin, sekä suurin osa liimasta imeytyi pohjamateriaaliin. Pohjamateriaaliin ei pystytty levittämään niin paljon liimaa, kuin kaura-arkki vaatisi kartonkiarkkien kohdalla. Tämän vuoksi viimeisiin kappaleisiin käytettiin Takon 149,5 g/m² neliömassaista taivekartonkia tuomaan jäykkyyttä ja parempaa kosteudensietokykyä.

Optisten ominaisuuksien tuloksista todettiin, ettei liimamäärän nostaminen haitannut optisia ominaisuuksia radikaalisti, kunhan liimamäärän lisäys oli vähäinen. Tähän tulokseen päätyi myös Lassi Helminen tutkimuksessaan. (Helminen, 2019) Kokonaisliimamäärää lisättiin isojen arkkiin kohdalla jopa 5-8 millilitraan ja pienemmissä 3-6 millilitraan. Sitol 3838-liima oli ainut liima, jonka kanssa liimamäärä ja pakkautuminen aiheutti ongelmia, mutta liima itsessään oli niin hankalasti käsiteltävä, että se hylättiin toistaiseksi tutkimuksesta aikataulullisista syistä. Sitol 3838-liiman kanssa suositellaan tulevaisuuden tutkimuksissa esimerkiksi kaurapaperille korkeampaa neliömassaa, jolloin tumma liima ei kuulla kaurapaperin alta. Kartonkiarkkien koekappaleet olivat aaltopahveihin verrattuna todella huonosti kiinnittyneitä, kun liimamäärä oli alle 2,5 ml millä tahansa liimalla.

Optiset ominaisuudet pisteytettiin joka arkin kohdalla. Alkupisteet joka arkilla oli 7 pistettä, josta vähennettiin yksi piste jokaisesta huonosta ominaisuudesta. Miinus pisteiden huonot ominaisuudet olivat; rypyt, paljon ryppyjä, ilmakuplat, paljon ilmakuplia, liimasta johtuva huono ominaisuus (kuten läpikuultavuus), arkin repsoitus ja merkittävän huono kiinnitys. Tutkittaessa optisten ominaisuuksien kokonaispisteitä (kuviot 1 ja 2), Sitol 4228 oli parhaimman näköinen liimatyyppi. Optisten ominaisuuksien pisteytyksiä voi tarkastella liitteistä 4 & 5.



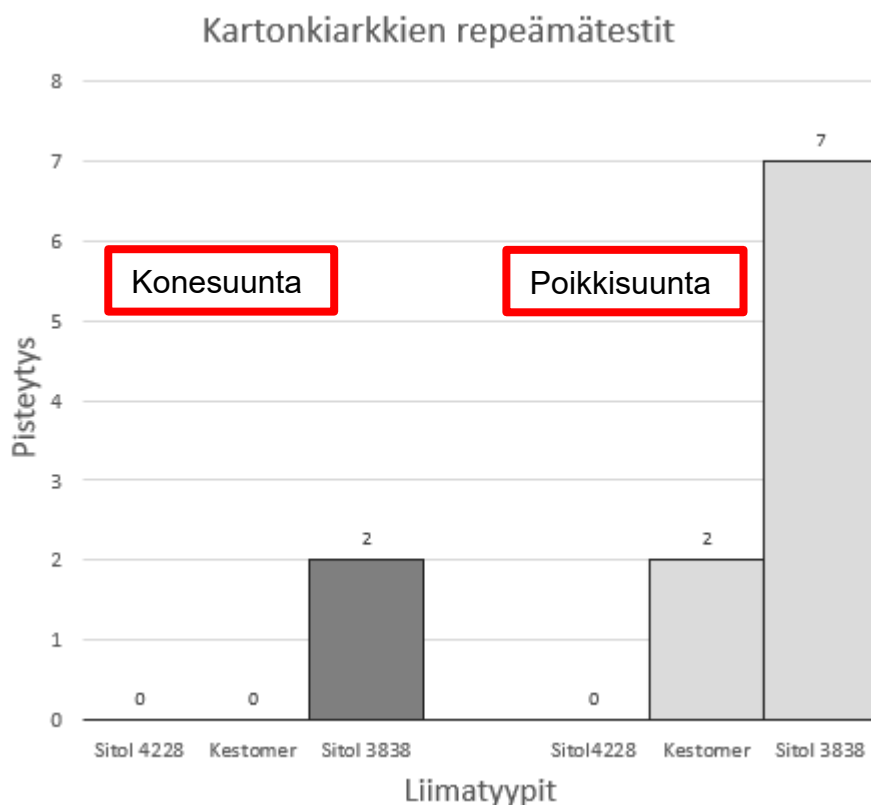
KUVIO 1. Kartonkiarkkien optisten ominaisuuksien arviointi



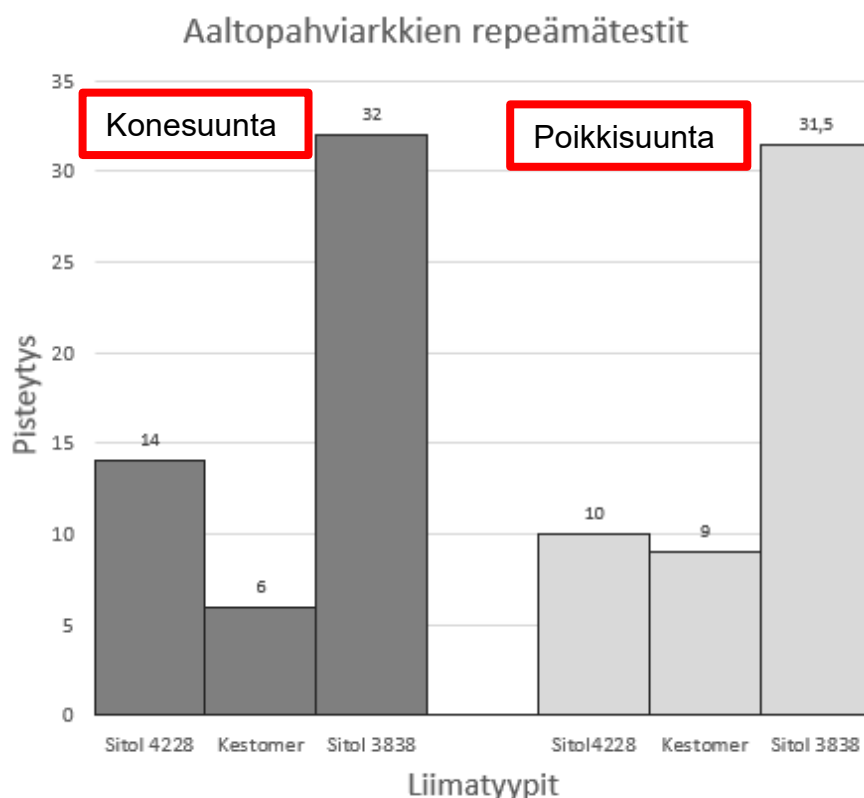
KUVIO 2. Aaltopahviarkkien optisten ominaisuuksien arviointi

Taulukoista todettiin, että kartonkiarkeilla optisten ominaisuuksien optimointi oli haastavampaa kuin aaltopahviarkeiden. Kartonkiarkeissa Sitol 4228 sai pisteitä optisista ominaisuuksista jopa 20 enemmän kuin muut liimatyypit, vaikka liimamäärien vaihtelua oli kaikilla liimoilla saman verran. Aaltopahviarkeiden tulokset olivat jokseenkin parempia kuin kartonkiarkeiden. Aaltopahviarkeissa liimatyypillä ei ollut paljoa merkitystä, sillä jokainen liimatyyppeille sai pisteitä yli 60, muttei silti yli 70. Liimatyypeistä kuitenkin paras oli aaltopahviarkeissa Sitol 4228 jopa 68,5 pisteen johdolla. Myöhemmin aaltopahviarkeista saatiin yhä paremman näköisiä vaihtamalla taustamateriaali vaaleampaan kaksipuoliseen aaltopahviin.

Kartonkiarkeiden kuiturepeämättestien tulokset olivat todella heikkoja (kuvio 3 ja 4). Testin maksimipistemäärä yhteen suuntaan (kone- tai poikki) olisi 60, kun kerrotaan testimäärä 12 maksimipistemäärällä 5. Konesuuntaan Kestomer VP sai 2 pistettä ja poikkisuuntaan 7, siinä missä Sitol 4228 sai konesuuntaan 0 ja poikkisuuntaan 2, eli poikkisuuntaiset tulokset olivat hiukan parempia. Edes Sitol 3838 ei kyennyt pitämään kaura-arkkia kiinni kartongissa.



KUVO 3. Kartonkiarkeiden repeämättestit



KUVIO 4. Aaltopahviarkkien repeämätestit

Huonojen kartonkiarkkien repäisytestituloksien taustalla pidetään liimojen nopeaa avointa aikaa ja taustamateriaalin kyvystä imeä itseensä liimaa niin paljon, ettei liimaa jää kaura-arkin kontaktille ollenkaan. Etenkin Sitol 3838 kohdalla liimafilmi itsessään kesti yllättävän ehjänä repäisyä, mutta liimakontaktin vähäisyyden takia tulokset olivat heikkoja. Aaltopahviarkkien tulokset olivat paremmat ja Sitol 3838 liiman arviot ylivoimaisesti parhaimmat.

Sitol 3838 sai jopa 20-30 pistettä enemmän repäisytesteistä kuin muut liimatyypit. Minkään testikappaleen taustamateriaali ei myöskään revennyt, ainoastaan päälle liimattu kaurapaperi. Kaurapaperin pinta hajosi eritoten Sitol 3838-liiman kanssa. Repäisytestien tuloksista pääteltiin, että kaurapaperin z-lujuus oli pienin materiaaleista. Repäisytestien tuloksia voi tutkia liitteistä 6 & 7.

Repeämätestien tuloksista nähdään, että kartonki- sekä aaltopahviarkeissa biopohjainen Sitol 3838 teki kaurapaperin ja taustamateriaalin kanssa parhaimman liimaustuloksen, mutta optisten ominaisuuksien tuloksien myötä Sitol 3838 hylättiin mainostelineen potentiaalisena liimamateriaalina.

Repeämättestien ja optisten ominaisuuksien tuloksista pääteltiin, että arkeissa paras liima oli Sitol 4228.

Repäisytesteissä Sitol 4228 ei pärjännyt yhtä hyvin, mutta tutkimuksen perimmäinen tavoite oli saada kauniin ja yhtenäisen näköisiä arkkeja. Sitol 4228 valintaan vaikutti myös nuuttaustestien tulokset, jotka olivat Sitol 4228 liiman puolella. Yksikään nuuttaus ei epäonnistunut itse liiman tai materiaalin takia, vaan kaikki epäonnistumiset tulivat käyttäjän omasta virhearviosta kokeilla nuuttausta liian reunaan. Tuloksista pääteltiin, että reunanuuttauksen aiheuttamaa pelkoa ei synny varsinaisessa tuotantoprosessissa, kun liimamäärät ja materiaalit saadaan tuloksien antamasta osviitasta optimoitua arkkien hyväksi.

Yleisesti ottaen nuuttaustulokset (taulukko 3) olivat hyviä, sillä vain muutama nuuttaustulos hylättiin ja onnistumisprosentti oli kaikkien liimojen ja materiaalien kanssa yli 80 %. Yleisin huono nuuttaustulos on syntynyt kaurapaperin ollessa nuutin sisäpuolella, eli kun nuuttausterä on ollut kaurapaperia vasten tai jos nuuttausta on testattu arkin reunaan. Ulkopuolella oleva kaurapaperi sai nuuttauksen jälkeen aikaan sen, että kaurankuoret saattoivat sojottaa nuuttauskohdasta irti pohjamateriaalista. Tätä ei kuitenkaan laskettu hylätyksi niin kauan, kun kaurankuoret olivat kohdissa pienet ja nuuttauksen tulos oli taitettavissa.

TAULUKKO 3. Nuuttaustestien tulokset

| Kartonki | Onnistui | Epäonnistui | Yhteensä | Onnistumis- % |
|-------------|----------|-------------|----------|---------------|
| Sitol 3838 | 17 | 0 | 17 | 100 |
| Sitol 4228 | 13 | 2 | 15 | 87 |
| Kestomer VP | 11 | 2 | 13 | 85 |
| Aaltopahvi | Onnistui | Epäonnistui | Yhteensä | Onnistumis- % |
| Sitol 3838 | 12 | 3 | 15 | 80 |
| Sitol 4228 | 15 | 2 | 17 | 88 |
| Kestomer VP | 12 | 1 | 13 | 92 |

Varsinaista optista tai tasojen välistä repeämää ei arkkien kanssa syntynyt, mutta joidenkin kaurankuorien ja tuntemattomien partikkeleiden osuttua nuuttiuraan nuuttaustuloksesta tuli huonomman näköinen. Sitol 3838- liiman arkit myös puhkaisivat tuntemattomasta syystä aaltopahviarkkeja nuuttauksen aikana. Nuuttaustuloksia voi tutkia liitteistä 8 ja 9.

Prototyypit saatiin valmiiksi DS Smithin johdolla. Kuvasta 21 nähdään valmiit prototyypit mainostelineestä, maitotölkistä ja kosmetiikkatuotteen pakkauksesta. Kaurankuori tuki pohjamateriaalia ja teki pakkaustuotteista esteettisemmän ja ekologisemman näköisiä. Painatus kaurankuoripaperille onnistui lähes virheettää. Varsinaiseen painatukseen meneviin aaltopahviarkkeihin käytettiin materiaalipulan takia sekä jäykkyyden varmistamiseksi kaksipuoleista vaaleaa aaltopahvimallia, jonka arkit onnistuivat kaikista arkkimalleista parhaiten. Tuloksien perusteella kaurapaperiarkit liimalaminoitiin uusiin aaltopahviarkkeihin ja neliömassaltaan raskaampiin kartonkeihin Sitol 4228- liimalla.



KUVA 21. Prototyypit ennen painatusta: Mainosteline, maitotölkki ja kosmetiikkapakkaus (Heidi Tikkala, 2020)

6 POHDINTA

Liimalaminoinnin tuloksen parantamiseksi liiman levitykseen olisi hyvä keksiä vielä nopeampi tai jopa automatisoitu keino, jotta liiman levitys olisi yhtenäisempää. Myös arkkien litistäminen liimalaminoinnin aikana on tärkeä osa liimalaminoinnin onnistumista, jota voidaan yrittää parantaa sivellen painelemalla käsin liiman levityksen jälkeen. Vastaavia tehokeinoja tulevaisuuden tutkimuksille on pistää arkkeja yksitellen painon alle heti liimalaminoinnin jälkeen ja vielä raskaamman painon alle.

Biohajoava liima Sitol 3883 todettiin olevan muita liimoja tahmeampaa ja se kuivui todella tehokkaasti normaaliolosuhteissa. Sitol 3883 liiman kartonki- sekä aaltopahvikappaleet hylättiin, sillä niiden optiset ominaisuudet eivät vastanneet haluttuja tuloksia. Tutkimuksessa käytetyllä metodilla nopea kuivumisaika tuli nopeasti ongelmaksi eritoten telaan jääneen tarttumispisteessä olevan liiman kanssa. Jatkotutkimuksissa tämä on hyvä ottaa huomioon esimerkiksi telan pesemisellä välissä tai vaihtoehtoisesti tutkimusolosuhteiden ja metodin muuttaminen tai automatisointi.

Liiman vesi ei aiheuttanut ryppyjä yhteenkään arkkiin. Arkeissa olevat kuprut nähtiin olevan kaurapaperin prosessista tulleita samoja kupruja, jotka huomattiin arkkien arviointivaiheessa ennen liimalaminointia. Syntyneet rypyt todettiin osaksi johtuvan myös huonosta liimalaminoinnin jälkeisestä puristuksesta. Osa arkeista näyttäisi tulleen tasaisemmiksi ja suuremmiksi liimalaminointikäsittelystä, joka on pääteltävissä kaura-arkkien ennen ja jälkeen laminoinnin- arvioinneista. (Liitteet 1 & 2) Kaurankuoren tutkimuspotentiaali on merkittävä ekologisesta ja kiertotaloudellisesta näkökulmasta. Biohajoavasta liimasta Sitol 3838 olisi potentiaalista teettää lisätutkimuksia biohajoavien mahdollisuuksien nousevan kysynnän vuoksi. (Kiilto, 2019b)

LÄHTEET

Delfort. a2020. Delfortgroup Tervakoski Oy. Meillä innovaatiot kohtaavat tietä-
taidon. Luettu 16.05.2020. [https://www.delfortgroup.com/fi/ura/finnland/terva-
koski-oy/](https://www.delfortgroup.com/fi/ura/finnland/terva-
koski-oy/)

Delfort. b2020. Delfortgroup certificates. All our processes follow EUTR and
REACH. Luettu 16.05.2020. [https://www.delfortgroup.com/en/company/certifi-
cates/](https://www.delfortgroup.com/en/company/certifi-
cates/)

Delfort. c2020. Delfortgroup sustainability. Sustainable development goals. Lu-
ettu 16.05.2020. <https://www.delfortgroup.com/en/company/sustainability/>

DS Smith, Packaging lyhyesti. Luettu 16.03.2020.
<https://www.dssmith.com/fi/packaging/yritys/packaging-lyhyesti>

Haavisto, J. 2017. Opinnäytetyö. Muotopuristuksen liimaustekniikan kehittämi-
nen. Tuolin istuinosan lujuusominaisuuksien parantaminen. Luettu 01.04.2020.
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/134631/Haavisto_Juha-
Matti.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/134631/Haavisto_Juha-
Matti.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Helminen, L. 2019. Opinnäytetyö. Kaurapaperin soveltuvuus aaltopahviin. Luettu
12.02.2020. Haltija Tampereen Ammattikorkeakoulu. Saatavilla rajoitetusti.

HerääPahvi!. 2020. Hankkeen sivut. Luettu 28.03.2020. <http://heraapahvi.tamk.fi/>

HerääPahvi! 2019. Kaurasta keksitty. Youtube-video, 1:00. Julkaistu 11.12.2019.
<https://www.youtube.com/watch?v=dUVxDO6pHKg>

Järvenpää, J. 2018. Opinnäytetyö. Nuuttauksen optimointi. Luettu 26.05.2020.
<https://core.ac.uk/download/pdf/161432423.pdf>

Kiilto. 2019a. Tietoa Kiillosta. Kiilto – monen toimialan yritysperhe. Luettu
28.03.2020. <https://www.kiilto.com/fi/tietoa-kiillosta/>

Kiilto. 2019b. Uutishuone. Kiillon biohajoava liima, Biomelt, kiinnostaa ympäri
maailmaa. Luettu 01.04.2020. [https://www.kiilto.com/fi/uutishuone/uutiset/kiillon-
biohajoava-liima-biomelt-kiinnostaa-ympari-maailmaa/](https://www.kiilto.com/fi/uutishuone/uutiset/kiillon-
biohajoava-liima-biomelt-kiinnostaa-ympari-maailmaa/)

Kiilto. 06.09.2016. Uutishuone. Kiilto edistämässä biopohjaisten tuotteiden stan-
dardityötä. Luettu 25.03.2020. [https://www.kiilto.com/fi/uutishuone/uutiset/kiilto-
edistamassa-biopohjaisten-tuotteiden-standardityota/](https://www.kiilto.com/fi/uutishuone/uutiset/kiilto-
edistamassa-biopohjaisten-tuotteiden-standardityota/)

KnowPap versio 21.0. 2014a. AEL / Proledge Oy. Taivekartonki kartonkilajina.
Luettu 05.06.2020
http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/grades/2_boards/1_int_pack_boards/1_folding_boxboard/0_grade_specif/frame.htm?zoom_highlightsub=taivekartonki. Saatavilla rajoitetusti.

KnowPap versio 21.0. 2014b. AEL / Proledge Oy. Nuutattavuus. Luettu
25.03.2020

http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/paper_board_properties/6_board_special_properties/0_creasbility/frame.htm?zoom_high-lightsub=nuuttaus. Saatavilla rajoitetusti.

Lehtola, J. 2013. Opinnäytetyö. Täyteaineiden optiset ominaisuudet. Luettu 28.03.2020. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/63348/Lehtola_Jami.pdf?sequence=1

Projektiutiset. 04.02.2017. Puun ligniinistä kehitetään liimaa ja betonin notkistinta. Luettu 25.03.2020. <https://www.projektiutiset.fi/puun-ligniinista-kehitaan-liimaa-ja-betonin-notkistinta/>

Pro Puu. Pro Puu -keskus. 2020. Liimat (puun liimaus). Luettu 01.04.2020. <https://puuproffa.fi/puutieto/puun-liimaus/liimat/>

Pöllänen, S. 2008. Monikerroskartongin viiraosan liitoskosteuksien hallinta ja mittaaminen. Luettu 25.03.2020. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9426/P%C3%83%C2%B6ll%C3%83%3Fnen.Saija.pdf?sequence=2>

Taskinen, J. 2009. Opinnäytetyö. Kartongin nuutattavuus. Luettu 26.05.2020. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9408/Taskinen.Janne.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Tee Itse. 13.06.2019. Valitse oikea puuliima. Luettu 01.04.2020. <https://teeitse.com/materiaalit/liimat/valitse-oikea-puuliima>

Virkkilä, T. 2016. Puuliiman valinta. Luettu 01.04.2020. <https://nukkuville.fi/liiman-valintaa/>

Öhrling. 2020a. Kirjapaino Öhrling yritys. Luettu 16.05.2020. <http://xm.ohrling.fi/koti@yritys.html>

Öhrling. 2020b. Kirjapaino Öhrling ympäristö. Luettu 16.05.2020. <http://xm.ohrling.fi/koti@ymparisto.html>

LIITTEET

Liite 1. Aaltopahviarkkien optiset arvioinnit

| AALTOPAHVI | | | | | | | |
|------------|--|--|-------------|-----------|--------------|---|---------------|
| #N | Koko | O-O Ennen laminointia | Limma | Limamäärä | Limautustapa | Laminointin tulos | Aallionharjat |
| 1 | C8 Iso | Hyvä kappale | Kestomer VP | 4 ml | Oma metodi | Kuprua siellä täällä, alaoikealta repottaa, muuten ok | Pysty |
| 2 | C9 Iso | Hyvä kappale | Kestomer VP | 2,5 ml | Oma metodi | Hyvä tulos, yläoikealta kuprua | Pysty |
| 3 | C10 Iso | Hyvä kappale | Kestomer VP | 3 ml | Oma metodi | Hyvä tulos, hukan repottaa, mutama ilmakupia yläoikealla | Pysty |
| 4 | C11 Iso | Hyvä kappale | Kestomer VP | 3,5 ml | Oma metodi | Hyvä tulos | Pysty |
| 5 | C12 Iso | Hyvä kappale | Kestomer VP | 4,25 ml | Oma metodi | Hyvä tulos, alta mennyt yli ja hukan repottaa | Pysty |
| 6 | C13 Iso | Hyvä kappale | Kestomer VP | 4,25 ml | Oma metodi | Hyvä tulos | Pysty |
| 7 | C14 Iso | Hyvä kappale | Kestomer VP | 3,75 ml | Oma metodi | Hyvä tulos | Pysty |
| 8 | VP30 Pieni | Hyvä kappale | Kestomer VP | 2,5 ml | Oma metodi | Hyvä tulos, paljon pieniä kupruaaitoja | Pysty |
| 9 | VP29 Pieni | Hyvä kappale | Kestomer VP | 2,25 ml | Oma metodi | Hyvä tulos | Pysty |
| 10 | VP28 Pieni | Hyvä kappale | Kestomer VP | 1,75 ml | Oma metodi | Hyvä tulos | Pysty |
| 11 | C15 Iso | Pieniä ilmakuplia, hyvä kappale | Sitoi 3838 | 4 ml | Oma metodi | Hyvä ilmaus-tulos, mutama reuna repottaa, paljon aaitoja | Pysty |
| 12 | C16 Iso | Partikkeili, hyvä kappale | Sitoi 3838 | 3 ml | Oma metodi | Hyvä ilmaus, ei repotaa, paljon aaitoja näkyy kaurapaperin alta | Pysty |
| 13 | C4 Iso | Iso partikkeili vasemmalla ylhäällä | Sitoi 3838 | 4 ml | Oma metodi | Hyvä tulos, aaitoja näkyy kaurapaperin alta | Pysty |
| 14 | C25 Iso | Vähäistä npppyä, erittäin hyvä kappale | Sitoi 3838 | 3 ml | Oma metodi | Hyvä tulos, aaitoja näkyy kaurapaperin alta | Pysty |
| 15 | C26 Iso | Useita partikkeileita, vähäistä npppyä, hyvä kai | Sitoi 3838 | 3,25 ml | Oma metodi | Hyvä tulos | Pysty |
| 16 | C27 Iso | Vähäistä npppyä, erittäin hyvä kappale | Sitoi 3838 | 2 ml | Oma metodi | Hyvä tulos, hukan kuprua | Pysty |
| 17 | C28 Iso | Vähäistä npppyä, erittäin hyvä kappale | Sitoi 3838 | 2 ml | Oma metodi | Muutama iso ilmakupia, muuten pysy hyvin kiinni | Pysty |
| 18 | VP27 Pieni | Hyvä kappale | Sitoi 3838 | 3,5 ml | Oma metodi | Hyvä tulos, aailot näkyy kaurapaperin läpi | Pysty |
| 19 | VP26 Pieni | Hyvä kappale | Sitoi 3838 | 2,5 ml | Oma metodi | Hyvä laminoitutus, hukan kupruilla | Pysty |
| 20 | VP25 Pieni | Hyvä kappale | Sitoi 3838 | 1,5 ml | Oma metodi | Hukan kupruilevä, hyvä ilmakontakti ja laminointi | Pysty |
| 21 | C40 | Arviointia ei suoritettu | Sitoi 4228 | 2 ml | M11* | Reunoista jäänyt pari senttiä | Pysty |
| 22 | C39 | Arviointia ei suoritettu | Sitoi 4228 | 2 ml | M2* | Yksi reuna hukan huonosti kiinnittynyt, muuten ok | Pysty |
| 23 | C38 | Arviointia ei suoritettu | Sitoi 4228 | 2 ml | M3* | Yksi pitkä reuna huonosti kiinnittynyt | Pysty |
| 24 | C37 | Arviointia ei suoritettu | Sitoi 4228 | 2 ml | M4* | Keskeillä iso ilmakupia | Pysty |
| 25 | C36 | Arviointia ei suoritettu | Sitoi 4228 | 2 ml | M5* | Yksi pitkä sivu huonosti kiinnittynyt | Pysty |
| 26 | C35 | Arviointia ei suoritettu | Sitoi 4228 | 1,5 ml | M6* | Yksi iso ilmastusku lähtee pitkältä sivulta keskikohtaa kohti | Pysty |
| 27 | C34 | Arviointia ei suoritettu | Sitoi 4228 | 2 ml | M7* | Reunoista vajaa kiinnitys | Pysty |
| 28 | C33 | Arviointia ei suoritettu | Sitoi 4228 | 1,5 ml | M8* | Hyvä kiinnitys | Pysty |
| 29 | C32 | Arviointia ei suoritettu | Sitoi 4228 | 2 ml | M9* | Hyvä kiinnitys | Vaaka |
| 30 | C31 | Arviointia ei suoritettu | Sitoi 4228 | 2 ml | M10* | Ihan ok kiinnitys, ylhedstä reunasta repottaa | Vaaka |
| 31 | C30 | Arviointia ei suoritettu | Sitoi 4228 | 1 ml | M11* | Ironnut mutamasta kohdasta, missä ei ollut tarpeeksi ilmaa | Vaaka |
| M1* | Aallionharjojen mukaisesti | | | | | | |
| M2* | Aallionharjojen mukaisesti | | | | | | |
| M3* | Aallionharjojen mukaisesti | | | | | | |
| M4* | Aallionharjojen mukaisesti | | | | | | |
| M5* | 1ml Neljästä kulumasta kevyt veto ja tasaaminen. Lisätty loput 1 ml keskelle tasaisesti | | | | | | |
| M6* | Puolet (ml) Neljästä kulumasta kevyt veto ja tasaaminen. Lisätty loput ilmat keskelle tasaisesti | | | | | | |
| M7* | 1ml Neljästä kulumasta kevyt veto ja tasaaminen. Lisätty loput 1 ml keskelle tasaisesti | | | | | | |
| M8* | Puolet (ml) Neljästä kulumasta kevyt veto ja tasaaminen. Lisätty loput ilmat keskelle tasaisesti | | | | | | |
| M9* | Neljä vetoa 1 ml. Loput levitetty tasaisesti mistä jäi uupumaan, painettu samalla lailla kuin edelliselt ja myös aaltojen mukaisesti | | | | | | |
| M10* | Neljä vetoa 1 ml. Loput levitetty tasaisesti mistä jäi uupumaan, painettu samalla lailla kuin edelliselt ja myös aaltojen mukaisesti | | | | | | |
| M11* | Neljä vetoa 0,5 ml. Loput levitetty tasaisesti mistä jäi uupumaan, painettu samalla lailla kuin edelliselt ja myös aaltojen mukaisesti | | | | | | |

Liite 2. Kartonkiarkkien optiset arvioinnit

| KARTONKI | | | | | | |
|----------|------------|---|-------------|------------|-------------|--|
| #N | Koko | O-O Ennen laminointia | Liima | Liimamäärä | Liimaustapa | Laminoinnin tulos |
| 1 | C7 Iso | Hvää kappale | Sitot 4228 | 1,5 ml | Oma metodi | Ryppyä paljon oikealla ja huonosti kiinni keskeltä |
| 2 | C6 Iso | Hvää kappale | Sitot 4228 | 2 ml | Oma metodi | Huonosti kiinnittynyt keskeltä ja oikealta alareunasta |
| 3 | C5 Iso | Ilmakuplia oikealla alakulmassa | Sitot 4228 | 2 ml | Oma metodi | Ilmakuplia paljon, isoja ryppyä alaoikealla |
| 4 | C4 Iso | Hvää kappale | Sitot 4228 | 1,5 ml | Oma metodi | Huonosti kiinnittynyt keskeltä, ryppyä paljon |
| 5 | C3 Iso | Hvää kappale | Sitot 4228 | 1,5 ml | Oma metodi | Huonosti kiinnittynyt keskeltä, muuten hyvä |
| 6 | C2 Iso | Hvää kappale | Sitot 4228 | 2,5 ml | Oma metodi | Kaksi isoa ilmakupliaa, muuten OK |
| 7 | C1 Iso | Taittunut varastoinnin aikana oikeista nurkista | Sitot 4228 | 3 ml | Oma metodi | Huono kiinnitys ylhäältä keskeltä, ryppyä |
| 8 | B10 Iso | Vähäistä kuprua | Sitot 4228 | 3 ml | Oma metodi | Pientä ilmakupliaa ja ryppyä, OK |
| 9 | B6 Iso | Vähäistä kuprua | Sitot 4228 | 2,5 ml | Oma metodi | Pientä ilmakupliaa oikealla, muuten OK |
| 10 | YP13 Pieni | Hvää kappale, vähäistä kuprua oikealla | Sitot 4228 | 1,5 ml | Oma metodi | Pientä ilmakupliaa, hvää kappale |
| 11 | YP10 Pieni | Hvää kappale | Sitot 4228 | 2 ml | Oma metodi | Pientä ryppyä, hvää kappale |
| 12 | YP9 Pieni | Hvää kappale | Sitot 4228 | 1,5 ml | Oma metodi | Pientä ryppyä, muuten OK |
| 13 | YP6 Pieni | Hvää kappale | Sitot 4228 | 1 ml | Oma metodi | Keskeltä huono liimaus, pientä ryppyä |
| 14 | YP8 Pieni | Hvää kappale | Kestomer VP | 2 ml | Oma metodi | Pientä ryppyä ja ilmakuplia, muuten OK |
| 15 | YP20 Pieni | Hvää kappale, vähäistä kuprua | Kestomer VP | 1,5 ml | Oma metodi | Huono liimaus keskeltä, ilmakuplia |
| 16 | B2 Iso | Hvää kappale, vähäistä kuprua | Kestomer VP | 2,5 ml | Oma metodi | Ilmakuplia, alhaalta huono liimaus |
| 17 | B3 Iso | Hvää kappale | Kestomer VP | 2 ml | Oma metodi | Huono liimaus keskeltä ja alhaalta, ilmakuplia |
| 18 | B4 Iso | Hvää kappale | Kestomer VP | 2,5 ml | Oma metodi | Ilmakuplia ja ryppyä, muuten OK |
| 19 | B5 Iso | Hvää kappale, vähäistä kuprua oikealla | Kestomer VP | 1,5 ml | Oma metodi | Huono liimaus keskeltä, ryppyä oikealla |
| 20 | B1 Iso | Kuprua oikealla puolella | Kestomer VP | 1,5 ml | Oma metodi | Huono liimaus keskeltä ja oikealta, ryppyä |
| 21 | B20 Iso | Hvää kappale, vähäistä kuprua | Kestomer VP | 3 ml | Oma metodi | Paljon ilmakuplia |
| 22 | B13 Iso | Hvää kappale | Kestomer VP | 3 ml | Oma metodi | Huono liimaus alaoikealta ja vasemmalta reunalla, ryppyä vähän |
| 23 | B14 Iso | Hvää kappale | Kestomer VP | 3,5 ml | Oma metodi | Ryppyä, keskeltä alhaalta huono liimaus, muuten OK |
| 24 | YP4 Pieni | Hvää kappale, vähäistä kuprua kaikkialla, par | Sitot 3838 | 2 ml | Oma metodi | Paljon liimausjälkiä, ilmakuplia, ryppyä |
| 25 | YP22 Pieni | Hvää kappale | Sitot 3838 | 1,5 ml | Oma metodi | Huono liimausjälkiä, ilmakuplia, ryppyä |
| 26 | YP3 Pieni | Hvää kappale | Sitot 3838 | 1 ml | Oma metodi | Huonosti liimautunut, liimausjäljet paistaa läpi |
| 27 | B18 Iso | Hvää kappale | Sitot 3838 | 2 ml | Oma metodi | Todella huonosti liimautunut, liimausjälkiä, ryppyä |
| 28 | B19 Iso | Hvää kappale | Sitot 3838 | 2,5 ml | Oma metodi | Huonosti liimautunut keskeltä ja yläoikealta, ilmakuplia |
| 29 | C19 Iso | Hvää kappale | Sitot 3838 | 2,5 ml | Oma metodi | Huonosti liimautunut keskeltä, ilmakuplia, ryppyä |
| 30 | C20 Iso | Hvää kappale | Sitot 3838 | 3 ml | Oma metodi | Ei liimautunut keskeltä, liimausjäljet paistaa läpi |
| 31 | C23 Iso | Vähän ilmakuplia alaoikealla | Sitot 3838 | 3,5 ml | Oma metodi | Ei liimautunut keskeltä, liimausjäljet paistaa läpi |
| 32 | C18 Iso | Hvää kappale, vähän taittunut oikeasta yläkul | Sitot 3838 | 2,5 ml • | Oma metodi | Ei liimautunut keskeltä, paljon ryppyä |
| 33 | B11 Iso | Hvää kappale | Sitot 3838 | 3 ml | Oma metodi | Ei liimautunut keskeltä, paljon ilmakuplia |
| 34 | B12 Iso | Hvää kappale | Sitot 3838 | 3,5 ml | Oma metodi | Paljon ilmakuplia |
| 88 | B8 Iso | Hvää kappale, yläoikealla kuprua | Sitot 3838 | 2,5 ml | Oma metodi | Ei liimautunut keskeltä, ryppyä kulmissa |

Liite 3. Liimojen kuiva-ainepitoisuudet

| KUIVA-AINEPITOISUUDET | | | | | | |
|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| | #1 | #2 | #3 | #4 | #5 | Keskiarvo |
| Sitol 3883 | 59,43 % | 60,37 % | 59,45 % | 59,57 % | 59,85 % | 59,73 % |
| Sitol 4228 | 52,36 % | 52,79 % | 51,35 % | 53,39 % | 51,30 % | 52,24 % |
| Kestomer VP | 43,64 % | 43,45 % | 43,76 % | 43,76 % | 43,57 % | 43,64 % |

Liite 4. Kartonkiarkkien arviointi (pisteet)

| KARTONKIARKKIEN ARVIOINTI (PISTEET) | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------------|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|
| #n | Materiaali | Liima | #1 | #2 | #3 | #4 | #5 | #6 | #7 | Ap | Yhteensä |
| 1 | Kartonki | Sitol 4228 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 7 | 4 |
| 2 | Kartonki | Sitol 4228 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 7 | 5 |
| 3 | Kartonki | Sitol 4228 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 7 | 3 |
| 4 | Kartonki | Sitol 4228 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 7 | 3 |
| 5 | Kartonki | Sitol 4228 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 7 | 5 |
| 6 | Kartonki | Sitol 4228 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 6 |
| 7 | Kartonki | Sitol 4228 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 7 | 5 |
| 8 | Kartonki | Sitol 4228 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 5 |
| 9 | Kartonki | Sitol 4228 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 6 |
| 10 | Kartonki | Sitol 4228 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 6 |
| 11 | Kartonki | Sitol 4228 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 6 |
| 12 | Kartonki | Sitol 4228 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 6 |
| 13 | Kartonki | Sitol 4228 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 7 | 4 |
| Sitol 4228 Yhteensä | | | | | | | | | | | 64 |
| 14 | Kartonki | Kestomer Vfi | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 5 |
| 15 | Kartonki | Kestomer Vfi | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 7 | 3 |
| 16 | Kartonki | Kestomer Vfi | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 7 | 3 |
| 17 | Kartonki | Kestomer Vfi | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 7 | 4 |
| 18 | Kartonki | Kestomer Vfi | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 5 |
| 19 | Kartonki | Kestomer Vfi | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 7 | 4 |
| 20 | Kartonki | Kestomer Vfi | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 7 | 4 |
| 21 | Kartonki | Kestomer Vfi | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 7 | 5 |
| 22 | Kartonki | Kestomer Vfi | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 7 | 4 |
| 23 | Kartonki | Kestomer Vfi | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 7 | 4 |
| Kestomer Yhteensä | | | | | | | | | | | 41 |
| 24 | Kartonki | Sitol 3838 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 7 | 4 |
| 25 | Kartonki | Sitol 3838 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 7 | 4 |
| 26 | Kartonki | Sitol 3838 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 7 | 4 |
| 27 | Kartonki | Sitol 3838 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 7 | 3 |
| 28 | Kartonki | Sitol 3838 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 7 | 4 |
| 29 | Kartonki | Sitol 3838 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 7 | 3 |
| 30 | Kartonki | Sitol 3838 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 7 | 2 |
| 31 | Kartonki | Sitol 3838 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 7 | 4 |
| 32 | Kartonki | Sitol 3838 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 7 | 3 |
| 33 | Kartonki | Sitol 3838 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 7 | 3 |
| 34 | Kartonki | Sitol 3838 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 7 | 5 |
| 35 | Kartonki | Sitol 3838 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 7 | 4 |
| Sitol 3838 Yhteensä | | | | | | | | | | | 43 |

#1 = Ryppyjä
 #2 = Paljon ryppyjä
 #3 = Ilmakuplia
 #4 = Paljon ilmakuplia
 #5 = Liimasta johtuva huono ominaisuus (esim.
 #6 = Arkki repsottaa
 #7 = Merkittävän huono kiinnitys
 Ap = Alkupisteet

Liite 5. Aaltopahviarkkien arviointi (pisteet)

| AALTOPAHVIARKKIEIDEN ARVIOINTI (PISTEET) | | | | | | | | | | | |
|--|------------|--------------|-----|----|-----|----|----|-----|-----|----|----------|
| #n | Materiaali | Liima | #1 | #2 | #3 | #4 | #5 | #6 | #7 | Ap | Yhteensä |
| 21 | Aaltopahvi | Sitol 4228 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 7 | 6 |
| 22 | Aaltopahvi | Sitol 4228 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 0 | 7 | 6,5 |
| 23 | Aaltopahvi | Sitol 4228 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 7 | 6 |
| 24 | Aaltopahvi | Sitol 4228 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 6 |
| 25 | Aaltopahvi | Sitol 4228 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 7 | 6 |
| 26 | Aaltopahvi | Sitol 4228 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 6 |
| 27 | Aaltopahvi | Sitol 4228 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 7 | 6 |
| 28 | Aaltopahvi | Sitol 4228 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 7 |
| 29 | Aaltopahvi | Sitol 4228 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 7 |
| 30 | Aaltopahvi | Sitol 4228 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 7 | 6 |
| 31 | Aaltopahvi | Sitol 4228 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 7 | 6 |
| Sitol 4228 yhteensä | | | | | | | | | | | 68,5 |
| 1 | Aaltopahvi | Kestomer Vfi | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 7 | 5 |
| 2 | Aaltopahvi | Kestomer Vfi | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 6 |
| 3 | Aaltopahvi | Kestomer Vfi | 0 | 0 | 0,5 | 0 | 0 | 0,5 | 0 | 7 | 6 |
| 4 | Aaltopahvi | Kestomer Vfi | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 7 |
| 5 | Aaltopahvi | Kestomer Vfi | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,5 | 7 | 5,5 |
| 6 | Aaltopahvi | Kestomer Vfi | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 7 |
| 7 | Aaltopahvi | Kestomer Vfi | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 7 |
| 8 | Aaltopahvi | Kestomer Vfi | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 6 |
| 9 | Aaltopahvi | Kestomer Vfi | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 7 |
| 10 | Aaltopahvi | Kestomer Vfi | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 7 |
| Kestomer yhteensä | | | | | | | | | | | 63,5 |
| 11 | Aaltopahvi | Sitol 3838 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 7 | 5,5 |
| 12 | Aaltopahvi | Sitol 3838 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 7 | 6 |
| 13 | Aaltopahvi | Sitol 3838 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 7 | 6 |
| 14 | Aaltopahvi | Sitol 3838 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 6 |
| 15 | Aaltopahvi | Sitol 3838 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 7 |
| 16 | Aaltopahvi | Sitol 3838 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 6,5 |
| 17 | Aaltopahvi | Sitol 3838 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 6 |
| 18 | Aaltopahvi | Sitol 3838 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 7 | 6 |
| 19 | Aaltopahvi | Sitol 3838 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 6,5 |
| 20 | Aaltopahvi | Sitol 3838 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 6,5 |
| Sitol 3838 yhteensä | | | | | | | | | | | 62 |

#1 = Ryppyjä
 #2 = Paljon ryppyjä
 #3 = Ilmakuplia
 #4 = Paljon ilmakuplia
 #5 = Liimasta johtuva huono ominaisuus (esim.
 #6 = Arkki repsoittaa
 #7 = Merkittävän huono kiinnitys
 Ap = Alkuperäiset

Liite 6. Kartonkiarkkien kuiturepeämätestit

| KUITUREPEÄMÄTESTI | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------|------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----|----------|
| | Arvosteluasteikko | | | | | | | | | | | | | |
| 200 mm x 200 mm | 0 | Ei tarttuvuutta | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | Heikko tarttuvuus | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | Tarttunut, mutta ei revennyt | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | Alle 50% kuiturepeämää | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | Yli 50% kuiturepeämää | | | | | | | | | | | | |
| | 4,5 | Yli 90% kuiturepeämää | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | 100% kuiturepeämää | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| KARTONKI | Konesuunta | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Taustamateriaali | Liima | Testi #1 | Testi #2 | Testi #3 | Testi #4 | Testi #5 | Testi #6 | Testi #7 | #8 | #9 | #10 | #11 | #12 | Yhteensä |
| Kartonki | Sitol 3838 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kartonki | Sitol 4228 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kartonki | Kestomer VP | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | Polkkisuunta | | | | | | | | | | | | | |
| Taustamateriaali | Liima | Testi #1 | Testi #2 | Testi #3 | Testi #4 | Testi #5 | Testi #6 | Testi #7 | Testi #8 | Testi #9 | Testi #10 | Testi #11 | #12 | Yhteensä |
| Kartonki | Sitol 3838 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kartonki | Sitol 4228 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| Kartonki | Kestomer VP | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 7 |

Liite 7. Aaltopahviarkkien kuiturepeämätestit

| KUITUREPEÄMÄTESTI | | Arvosteluasteikko | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------|-------------------|------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----|----|-----|-----|-----|----------|
| 200 mm x 200 mm | | 0 | Ei tarttuvuutta | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | Heikko tarttuvuus | | | | | | | | | | | |
| | | 2 | Tarttunut, mutta ei revennyt | | | | | | | | | | | |
| | | 3 | Alle 50% kuiturepeämää | | | | | | | | | | | |
| | | 4 | Yli 50% kuiturepeämää | | | | | | | | | | | |
| | | 4,5 | Yli 90% kuiturepeämää | | | | | | | | | | | |
| | | 5 | 100% kuiturepeämää | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| AALTOPAHVI | | Konesuunta | | | | | | | | | | | | |
| Taustamateriaali | Liima | Testi #1 | Testi #2 | Testi #3 | Testi #4 | Testi #5 | Testi #6 | Testi #7 | #8 | #9 | #10 | #11 | #12 | Yhteensä |
| Aaltopahvi | Sitol 3838 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 14 |
| Aaltopahvi | Sitol 4228 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 6 |
| Aaltopahvi | Kestomer VP | 3 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4,5 | 4,5 | 2 | 1 | 3 | 2 | 32 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |

Liite 8. Kartonkiarkkien nuuttaus

| KARTONKIARKKIEEN NUUTTAUS | | | | | |
|---------------------------|------------|-------------|-------|----|--------------|
| #n | Materiaali | Kaurapaperi | Kyllä | Ei | Syy |
| 1 | Kestomer | Sisällä | | x | Kaura irtosi |
| 2 | Kestomer | Sisällä | x | | |
| 3 | Kestomer | Sisällä | | x | Kaura irtosi |
| 4 | Kestomer | Ulkona | x | | |
| 5 | Kestomer | Ulkona | x | | |
| 6 | Kestomer | Ulkona | x | | |
| 7 | Kestomer | Ulkona | x | | |
| 8 | Kestomer | Ulkona | x | | |
| 9 | Kestomer | Sisällä | x | | |
| 10 | Kestomer | Sisällä | x | | |
| 11 | Kestomer | Sisällä | x | | |
| 12 | Kestomer | Sisällä | x | | |
| 13 | Kestomer | Sisällä | x | | |
| 1 | Sitol 3838 | Sisällä | x | | |
| 2 | Sitol 3838 | Sisällä | x | | |
| 3 | Sitol 3838 | Sisällä | x | | |
| 4 | Sitol 3838 | Sisällä | x | | |
| 5 | Sitol 3838 | Sisällä | | x | Kaura irtosi |
| 6 | Sitol 3838 | Ulkona | x | | |
| 7 | Sitol 3838 | Ulkona | x | | |
| 8 | Sitol 3838 | Ulkona | x | | |
| 9 | Sitol 3838 | Sisällä | x | | |
| 10 | Sitol 3838 | Sisällä | x | | |
| 11 | Sitol 3838 | Sisällä | x | | |
| 12 | Sitol 3838 | Sisällä | | x | Reunassa |
| 13 | Sitol 3838 | Ulkona | x | | |
| 14 | Sitol 3838 | Ulkona | x | | |
| 15 | Sitol 3838 | Ulkona | x | | |
| 1 | Sitol 4228 | Sisällä | x | | |
| 2 | Sitol 4228 | Sisällä | x | | |
| 3 | Sitol 4228 | Sisällä | x | | |
| 4 | Sitol 4228 | Sisällä | x | | |
| 5 | Sitol 4228 | Ulkona | x | | |
| 6 | Sitol 4228 | Ulkona | x | | |
| 7 | Sitol 4228 | Ulkona | x | | |
| 8 | Sitol 4228 | Ulkona | x | | |
| 9 | Sitol 4228 | Ulkona | x | | |
| 10 | Sitol 4228 | Ulkona | x | | |
| 11 | Sitol 4228 | Ulkona | x | | |
| 12 | Sitol 4228 | Ulkona | x | | |
| 13 | Sitol 4228 | Ulkona | x | | |
| 14 | Sitol 4228 | Ulkona | x | | |
| 15 | Sitol 4228 | Sisällä | x | | |
| 16 | Sitol 4228 | Sisällä | x | | |
| 17 | Sitol 4228 | Sisällä | x | | |

Liite 9. Aaltopahviarkkien nuuttaus

| AALTOPAHVIARKKIEEN NUUTTAUS | | | | | |
|------------------------------------|------------|-------------|-------|----|----------------|
| #n | Materiaali | Kaurapaperi | Kyllä | Ei | Syy |
| 1 | Kestomer | Sisällä | x | | |
| 2 | Kestomer | Sisällä | x | | |
| 3 | Kestomer | Sisällä | x | | |
| 4 | Kestomer | Sisällä | x | | |
| 5 | Kestomer | Sisällä | x | | |
| 6 | Kestomer | Sisällä | x | | |
| 7 | Kestomer | Sisällä | x | | |
| 8 | Kestomer | Ulkona | x | | |
| 9 | Kestomer | Ulkona | x | | |
| 10 | Kestomer | Ulkona | | x | Liian reunassa |
| 11 | Kestomer | Ulkona | x | | |
| 12 | Kestomer | Ulkona | x | | |
| 13 | Kestomer | Ulkona | x | | |
| 1 | Sitol 3838 | Sisällä | x | | |
| 2 | Sitol 3838 | Sisällä | x | | |
| 3 | Sitol 3838 | Sisällä | | x | Kaura irtosi |
| 4 | Sitol 3838 | Sisällä | x | | |
| 5 | Sitol 3838 | Sisällä | x | | |
| 6 | Sitol 3838 | Sisällä | | x | Kaura irtosi |
| 7 | Sitol 3838 | Ulkona | x | | |
| 8 | Sitol 3838 | Ulkona | x | | |
| 9 | Sitol 3838 | Ulkona | x | | |
| 10 | Sitol 3838 | Ulkona | x | | |
| 11 | Sitol 3838 | Ulkona | x | | |
| 12 | Sitol 3838 | Ulkona | x | | |
| 13 | Sitol 3838 | Ulkona | x | | |
| 14 | Sitol 3838 | Ulkona | | x | Liian reunassa |
| 15 | Sitol 3838 | Ulkona | x | | |
| 1 | Sitol 4228 | Sisällä | x | | |
| 2 | Sitol 4228 | Sisällä | x | | |
| 3 | Sitol 4228 | Sisällä | | x | Liian reunassa |
| 4 | Sitol 4228 | Sisällä | | x | Liian reunassa |
| 5 | Sitol 4228 | Sisällä | x | | |
| 6 | Sitol 4228 | Ulkona | x | | |
| 7 | Sitol 4228 | Ulkona | x | | |
| 8 | Sitol 4228 | Ulkona | x | | |
| 9 | Sitol 4228 | Ulkona | x | | |
| 10 | Sitol 4228 | Ulkona | x | | |
| 11 | Sitol 4228 | Ulkona | x | | |
| 12 | Sitol 4228 | Ulkona | x | | |
| 13 | Sitol 4228 | Ulkona | x | | |
| 14 | Sitol 4228 | Ulkona | x | | |
| 15 | Sitol 4228 | Sisällä | x | | |
| 16 | Sitol 4228 | Sisällä | x | | |
| 17 | Sitol 4228 | Sisällä | x | | |